ÔN THI ĐẠI HỌC

MÔN

VẬT LÍ

- QUANG HÌNH HỌC
- QUANG VẬT LÍ
- VẬT LÍ HẠT NHÂN

- Bài tập cơ bản và nâng cao
- Một số dạng đề thi TSĐH & CĐ từ năm 1996 đến 2005
- Đề kiểm tra bằng phương pháp trắc nghiệm

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRẦN TRỌNG HƯNG

ÔN THI ĐẠI HỌC

MÔN VẬT LÍ

QUANG HÌNH HỌC
QUANG VẬT LÍ
VẬT LÍ HẠT NHÂN

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

PHẦN MỘT

QUANG HÌNH HỌC

Chương I

SỰ PHẢN XẠ ÁNH SÁNG
GƯƠNG PHẲNG – GƯƠNG CẦU

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

I. ***Định luật phản xạ ánh sáng***

– Tia phản xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở về phía bên kia của pháp tuyến với mặt phân cách tại điểm tới.

– Góc phản xạ bằng góc tới.

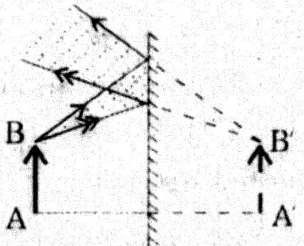
II. ***Ảnh tạo bởi gương phẳng***

Ảnh của vật tạo bởi gương phẳng đối xứng với vật qua gương.

Tính chất của ảnh tạo bởi gương phẳng :

– Ảnh và vật có kích thước bằng nhau.

– Vật thật có ảnh ảo và vật ảo có ảnh thật.



Hình 1

III. ***Ảnh tạo bởi gương cầu***

a) Công thức gương cầu :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

b) Độ phóng đại của ảnh :

$$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d}$$

c) Tính chất ảnh qua gương cầu của vật thật :

Gương lõm → Vật thật nằm ngoài OF : Ảnh thật
Gương lõm → Vật thật tại F : Ảnh ở ∞
Gương lõm → Vật thật trong OF : Ảnh ảo

Gương lồi : Vật thật luôn luôn cho ảnh ảo.

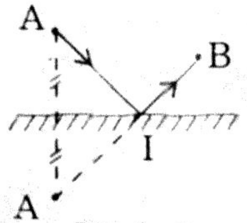
BÀI TẬP CƠ BẢN

Dạng 1

CÁCH VẼ TIA SÁNG PHÁT RA TỪ MỘT ĐIỂM CHO TRƯỚC SAU KHI PHẢN XẠ TRÊN GƯƠNG LẠI QUA MỘT ĐIỂM CHO TRƯỚC KHÁC

+ Tia phản xạ trên gương phát ra từ A có đường kéo dài qua ảnh A' của A.

+ Cách vẽ : Nối B với A' (ảnh của A qua gương) nó cắt gương tại I. AIB là tia sáng phải vẽ.



Hình 2

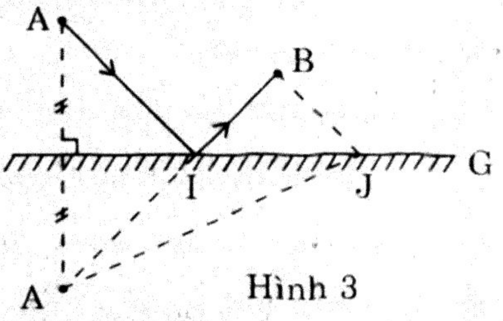
Ví dụ 1 : Trước gương phẳng G có điểm sáng A và điểm B (tất cả đều cho sẵn).

a) Hãy vẽ tia sáng phát ra từ A phản xạ trên gương rồi qua B.

b) Gọi I là điểm tới trên gương của tia sáng vừa vẽ. Chứng tỏ rằng đường đi của tia sáng AIB là đường ngắn nhất trong các đường gãy khúc AJB (J là điểm khác I trên gương).

Giải

a) *Vẽ tia sáng :*



Hình 3

Giả sử vẽ được tia sáng AIB thì tia phản xạ IB có đường kéo dài qua ảnh A' của A qua gương.

Suy ra cách vẽ :

– Lấy A' đối xứng với A qua gương (đó là ảnh của A).

– Nối A' và B. Đường nối cắt gương tại I : đó là điểm tới.

AIB là tia sáng phải vẽ.

b) *AIB là đường ngắn nhất :*

Đường đi của tia sáng AIB là : $S = AI + IB = A'I + IB = A'B$ (1)

Trong tam giác $A'JB$, ta có : $A'B > A'J + JB$ (2)

(1) và (2) cho : $S > A'J + JB$

Vậy : đường đi của tia sáng AIB là ngắn nhất trong các đường gãy khúc AJB.

Ví dụ 2 : Cho hai gương G và G' vuông góc với nhau và mặt sáng quay vào nhau. A và B là hai điểm nằm trước của hai gương (trong đó A là điểm sáng).

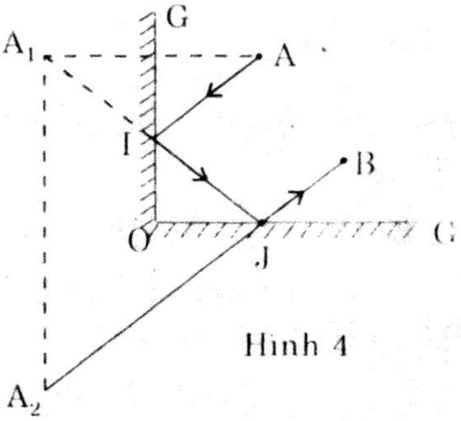
Vẽ đường đi của tia sáng phát ra từ A lần lượt phản xạ trên hai gương rồi đến B.

Giải

Giả sử ta đã vẽ được tia sáng AIJB. Ta có :

– Tia phản xạ IJ có đường kéo dài qua ảnh A_1 của A qua gương G.

– Tia phản xạ JB có đường kéo dài qua ảnh A_2 của A_1 qua gương G'.



Hình 4

Suy ra cách vẽ :

– Vẽ ảnh A_1 của A qua gương G (A và A_1 đối xứng qua G).

Vẽ ảnh A_2 của A_1 qua gương G' (A_2 và A_1 đối xứng qua G').

– Nối B với A_2 nó cắt gương G' tại J. Nối J với A_1 nó cắt G_1 tại I.

AIJB là tia sáng phải vẽ.

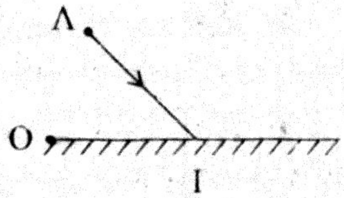
Dạng 2 GƯƠNG QUAY

Khi gương quay một góc α xung quanh một trục nằm trong mặt phẳng gương và vuông góc với mặt phẳng tới thì :

- Tia phản xạ của tia tới cố định sẽ quay góc $\beta = 2\alpha$ theo cùng chiều quay.
- Ảnh của điểm A cố định sẽ di chuyển trên cung A_1A_2 của đường tròn tâm O bán kính OA với :

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}=OA.2\alpha \quad (\alpha : \text{Radian})$$

Ví dụ : Một điểm sáng A đặt trước một gương phẳng như H.5. Cho gương quay một góc $\alpha = 15^\circ$ xung quanh một trục O nằm trong mặt phẳng gương. Gọi AI là tia sáng cố định nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục quay O.



Hình 5

a) Xác định chiều quay của tia phản xạ và góc quay của tia phản xạ.

b) Biết OA = 1m. Tìm quãng đường di chuyển của ảnh.

Giải

a) *Góc quay và chiều quay của tia phản xạ :*

Gương ở G_1 đường đi tia sáng là AI_1R_1.

Gương ở G_2 đường đi tia sáng là AI_2R_2.

$\Delta AI_1I_2 \Rightarrow 2i_2 = 2i_1 + \beta$ (1)

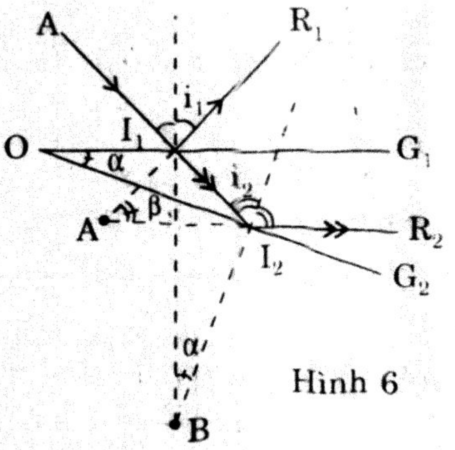
$$\Delta BI_1I_2 \quad \Rightarrow \quad i_2 = i_1 + \alpha$$

$$2i_2 = 2i_1 + 2\alpha \qquad (2)$$

(1) và (2) cho :

$$\boxed{\beta = 2\alpha = 30^o}$$

Vậy : gương quay góc $\alpha = 15^o$ thì tia phản xạ quay góc $\beta = 30^o$ theo cùng chiều quay với gương.



Hình 6

b) *Độ dịch chuyển của ảnh :*

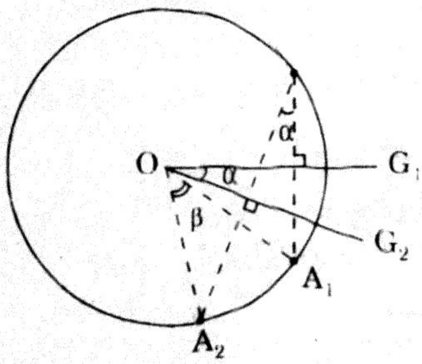
Vì các ảnh A_1 và A_2 đối xứng qua gương ở hai vị trí G_1 và G_2 nên :

$$OA_1 = OA_2 = OA = R$$

Ta có : $\beta = 2\alpha = 30^o$

Độ di chuyển của ảnh là $\overset{\frown}{A_1A_2}$ khi gương quay từ G_1 đến G_2 cho bởi :

$$\overset{\frown}{A_1A_2} = R.\beta$$



Hình 7

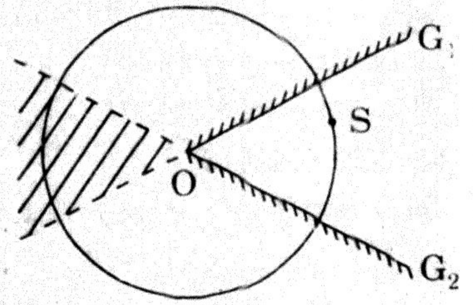
Với $\begin{cases} \beta = \dfrac{\pi}{6} = 0{,}52 \text{ (Rad)} \\ R = 100 \text{ (cm)} \end{cases}$

nên : $\overset{\frown}{A_1A_2} = 100.0{,}52 = 52$ (cm).

Dạng 3

TÌM SỐ ẢNH TẠO BỞI HAI GƯƠNG PHẲNG

- Tất cả các ảnh đều nằm trên đường tròn tâm O bán kính OS.
- Ảnh của gương này nằm trước gương kia là vật thật của gương kia.
- Ảnh nào nằm sau cả 2 gương (vùng gạch chéo ở H.8) là ảnh cuối cùng (không cho ảnh được nữa).



Hình 8

Ví dụ : Hai gương phẳng M_1 và M_2 đặt nghiêng với nhau góc $\alpha = 120^o$. Một điểm sáng A đặt trước hai gương và cách giao tuyến O của chúng khoảng R = 10cm (H.9).

Hãy tính số ảnh của A qua hệ hai gương.

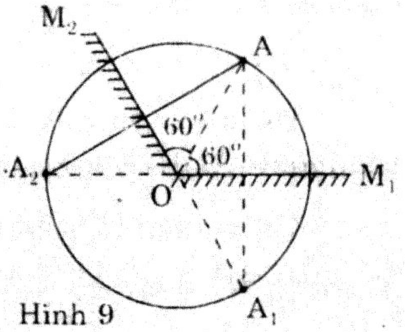
Giải

a) *A nằm trên mặt phẳng phân giác hai gương :*

- Gọi A_1 là ảnh của A qua gương M_1 thì :

$$\widehat{M_1OA_1} = \widehat{M_1OA} = 60^\circ$$

$$\widehat{M_2OA_1} = \widehat{M_2OM_1} + \widehat{M_1OA_1} = 180^\circ$$



Hình 9

Vậy A_1 nằm trên gương M_2 (và sau gương M_1) nên A_1 không tạo ảnh qua gương M_2.

Gọi A_2 là ảnh của A qua gương M_2 thì :

$$\widehat{M_2OA_2} = \widehat{M_2OA} = 60^\circ$$

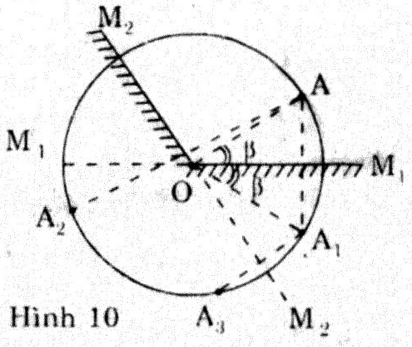
$$\widehat{M_1OA_2} = \widehat{M_1OM_2} + \widehat{M_2OA_2} = 180^\circ$$

Vậy ảnh A_2 nằm trên gương M_1 và không tạo ảnh qua M_1. Tóm lại ta được 2 ảnh A_1 và A_2.

b) *A nằm ngoài mặt phẳng phân giác của hai gương :*

Giả sử $\widehat{M_1OA} = \beta < 60^\circ$.

- Có : $\widehat{M_1OA_1} = \widehat{M_1OA} = \beta < \widehat{M_1OM_2'}$



Hình 10

Vậy A_1 nằm trước gương M_2 nên tạo ảnh A_3 ở sau M_2 với :

$$\widehat{M_2'OA_3} = \widehat{M_2'OA_1} = 60^\circ - \beta < \widehat{M_2'OM_1'}$$

Vậy A_3 nằm sau gương M_1 nên A_3 là ảnh cuối cùng.

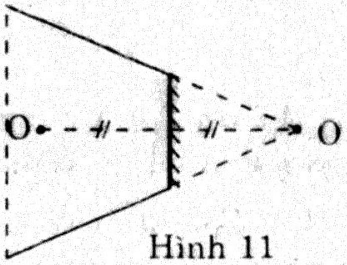
- Gọi A_2 là ảnh của A qua M_2 thì : $\widehat{M_2'OA_2} = \widehat{M_2'OA} = 60^\circ + \beta < \widehat{M_2'OM_1'}$

Vậy A_2 ở sau gương M_1 nên đó là ảnh cuối cùng.

Tóm lại : hệ cho 3 ảnh.

Dạng 4 THỊ TRƯỜNG CỦA GƯƠNG PHẲNG

- *Thị trường* của gương phẳng là khoảng không gian trước gương chứa vật mà ảnh của nó được nhìn thấy qua gương.



Hình 11

- *Cách xác định thị trường :*

+ Lấy điểm đối xứng của mắt O qua gương phẳng là O′.

+ Nối O′ với mép gương ta được một hình chóp (hay nón).

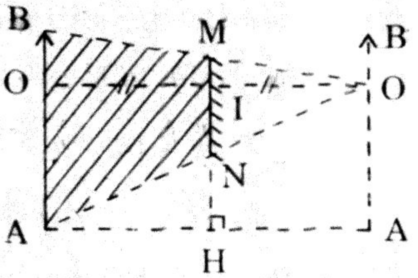
+ Vùng không gian trước gương giới hạn bởi hình chóp (hay hình nón) vừa vẽ là thị trường.

Ví dụ : Một người cao 1,60m, mắt cách đỉnh đầu 10cm đứng trước một gương phẳng treo thẳng đứng. Để người này thấy được toàn bộ ảnh của mình trong gương thì chiều cao tối thiểu của gương là bao nhiêu ? Lúc đó mép dưới gương cách đất bao nhiêu ? (chân trên mặt đất).

Giải

Để mắt O nhìn thấy được toàn bộ ảnh của mình trong gương thì toàn bộ người (AOB) phải nằm trong thị trường của gương.

Chiều cao tối thiểu của gương là MN sao cho B, I, O và A, N, O′ thẳng hàng.



Hình 12

Lúc đó : $\dfrac{MN}{AB} = \dfrac{O'I}{O'O} = \dfrac{1}{2}$

$$\Rightarrow \quad \boxed{MN = \frac{AB}{2} = 0,8\ (m)}$$

Lúc đó mép dưới gương cách đất khoảng NH mà :

$$\frac{NH}{O'A'} = \frac{AH}{AA'} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{NH = \frac{O'A'}{2} = \frac{OA}{2} = 0,75\ (m)}$$

Dạng 5

XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT THẬT – ẢO CỦA ẢNH VÀ ĐỘ PHÓNG ĐẠI CỦA ẢNH TẠO BỞI GƯƠNG CẦU

- Vị trí ảnh : $d' = \dfrac{d.f}{d - f}$
- Tính chất thật – ảo của ảnh : $d' > 0$: Ảnh thật
  $d' < 0$: Ảnh ảo
- Độ phóng đại : $k = \dfrac{y'}{y} = -\dfrac{d'}{d}$
  $k > 0$: Ảnh – vật cùng chiều
  $k < 0$: Ảnh – vật trái chiều.

Ví dụ 1 : Một gương cầu lõm có bán kính R = 40cm. Vật phẳng AB đặt trên trục chính vuông góc với trục chính, cách gương một đoạn x.

Xác định vị trí, tính chất thật – ảo của ảnh, độ phóng đại, chiều của ảnh so với vật và vẽ ảnh trong mỗi trường hợp sau :

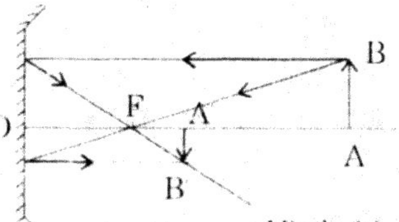
a) x = 60cm; **b)** x = 40cm; **c)** x = 30cm;

d) x = 20cm; **e)** x = 10cm.

Giải

- Vị trí của ảnh : $d' = \frac{df}{d-f} = \frac{20d}{d-20}$ với $f = \frac{R}{2} = 20cm$ (1)
- Độ phóng đại : $k = -\frac{d'}{d}$ (2)

a) *$d = x = 60cm$:*



Hình 13

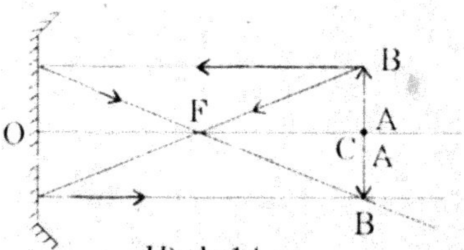
(1) ⇒ $d' = \frac{20.60}{60-20} = 30\ (cm)$

$d' > 0$: Ảnh thật

(2) ⇒ $k = -\frac{30}{60} = -\frac{1}{2}$

$k < 0$: Ảnh ngược chiều với vật.

b) *$d = x = 40cm$:*



Hình 14

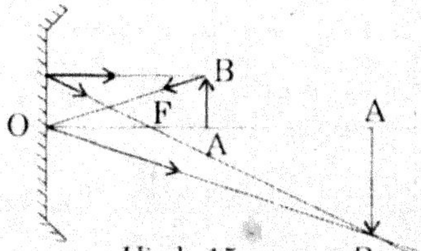
(1) ⇒ $d' = \frac{40.20}{40-20} = 40\ (cm)$

$d' > 0$: Ảnh thật

(2) ⇒ $k = -\frac{40}{40} = -1$

$k < 0$: Ảnh ngược chiều với vật.

c) *$d = x = 30cm$:*



Hình 15

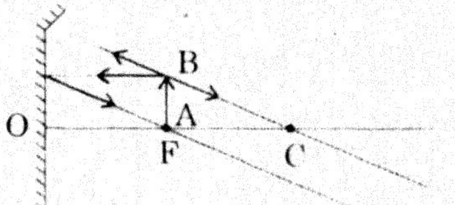
(1) ⇒ $d' = \frac{20.30}{30-20} = 60\ (cm)$

$d' > 0$: Ảnh thật

(2) ⇒ $k = -\frac{60}{30} = -2$

$k < 0$: Ảnh ngược chiều với vật.

d) *$d = x = 20cm$:*



Hình 16

(1) ⇒ $d' = \frac{20.20}{20-20} \rightarrow \infty$: Ảnh ở ∞

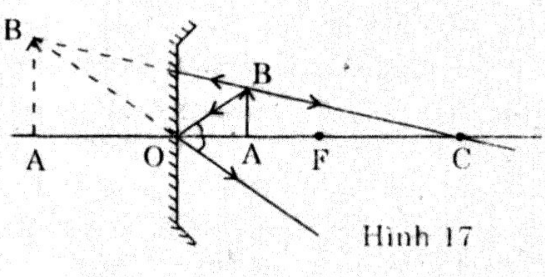
e) *$d = x = 10cm$:*

(1) ⇒ $d' = \frac{20.10}{10-20} = -20\ (cm)$

$d' < 0$: Ảnh ảo

(2) ⇒ $k = -\frac{(-20)}{10} = 2$

$k > 0$: Ảnh cùng chiều với vật.



Hình 17

Nhận xét : Tùy theo vị trí của vật sáng AB mà ảnh của nó có tính chất thay đổi như sau :

+ Vật AB ngoài OF : Ảnh thật và ngược chiều vật.
+ Vật AB tại F : Ảnh ở vô cực.
+ Vật AB trong OF : Ảnh ảo, cùng chiều và lớn hơn vật.

Ví dụ 2 : Một gương cầu lồi bán kính 20cm. Vật AB = 2cm đặt trước gương sao cho AB vuông góc với trục chính và A trên trục chính cách đỉnh gương 30cm. Xác định vị trí, tính chất thật – ảo của ảnh và độ lớn ảnh. Vẽ ảnh.

Giải

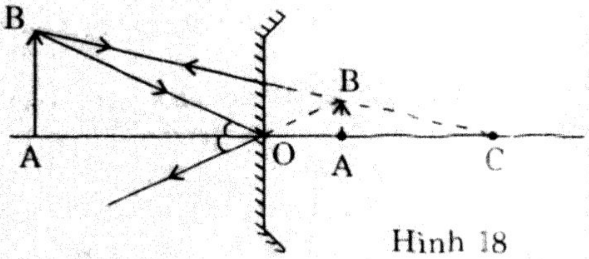
Tiêu cự gương cầu lồi :

$$f = -\frac{R}{2} = -10 \text{ (cm)}$$

Vị trí ảnh :

$$d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{30(-10)}{30+10} = -7,5 \text{ (cm)}$$

$d' < 0$: Ảnh ảo.



Hình 18

Độ phóng đại :

$$k = -\frac{d'}{d} \quad \text{hay} \quad \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} \Rightarrow \quad \overline{A'B'} = -\frac{d'}{d}.\overline{AB} = -\frac{-7,5}{30}.2$$

$$\overline{A'B'} = 0,5 \text{ (cm)}$$

Ảnh cùng chiều với vật và cao 0,5cm.

Dạng 6

BIẾT TIÊU CỰ f VÀ ĐỘ PHÓNG ĐẠI k, TÌM VỊ TRÍ VẬT VÀ ẢNH

$$\begin{cases} d' = \dfrac{df}{d-f} \\ k = -\dfrac{d'}{d} \end{cases}$$

Chú ý : Đề cho : ảnh lớn gấp 3 lần vật tức $|k| = 3 \Rightarrow k = \pm 3$.

Ví dụ 1 : Cho gương cầu lõm tiêu cự f = 20cm. Vật sáng AB cho ảnh cao gấp 2 lần vật. Xác định vị trí vật và ảnh. Vẽ hình.

Giải

Đối với gương cầu lõm, vật thật AB có thể cho ảnh thật hoặc ảnh ảo.

a) *Ảnh thật :*

Vị trí ảnh : $d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{20d}{d-20} \Rightarrow \frac{d'}{d} = \frac{20}{d-20}$ (1)

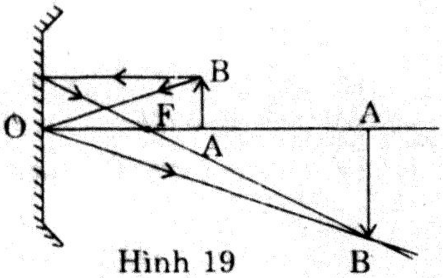
Và vì ảnh thật nên ảnh và vật trái chiều, do đó : $k = -2$

hay :

$$-\frac{d'}{d} = -2 \Leftrightarrow \frac{d'}{d} = 2 \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $d = 30$ (cm) ;

$d' = 60$ (cm)



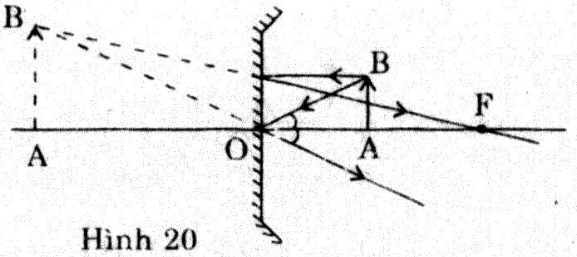
Hình 19

b) *Ảnh ảo :*

Vì ảnh ảo nên ảnh và vật cùng chiều, do đó : $k = 2$

hay : $-\frac{d'}{d} = 2 \Leftrightarrow \frac{d'}{d} = -2$ (3)

(1) và (3) cho : $d = 10$ (cm) ; $d' = -20$ (cm).



Hình 20

Ví dụ 2 : Cho một gương cầu lồi bán kính 40cm. Vật sáng AB = 2cm cho ảnh A'B' = 1cm. Xác định vị trí vật và ảnh.

Giải

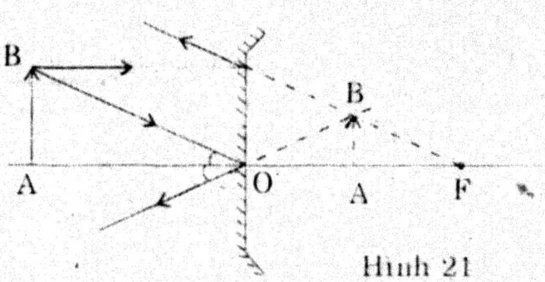
Vị trí ảnh : $d' = \frac{d.f}{d-f}$ với $f = -\frac{R}{2} = -20\text{cm}$

$$= \frac{-20d}{d+20} \Rightarrow \frac{d'}{d} = -\frac{20}{d+20} \qquad (1)$$

Đối với gương cầu lồi, vật thật cho ảnh ảo cùng chiều với vật nên :

$$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{1}{2}$$

hay : $-\frac{d'}{d} = \frac{1}{2}$ (2)



Hình 21

(1) và (2) cho :

$d = 20$ (cm) và $d' = -10$ (cm).

Dạng 7 BIẾT TIÊU CỰ f ; KHOẢNG CÁCH l GIỮA VẬT VÀ ẢNH. TÌM VỊ TRÍ VẬT VÀ ẢNH.

$$\text{Có : } \begin{cases} d' = \dfrac{d.f}{d-f} \\ \text{và } l = |d - d'| \end{cases}$$

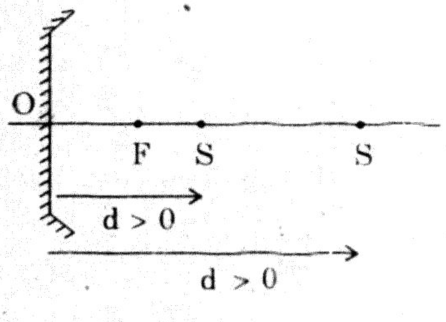
Ví dụ : Một điểm sáng S trên trục chính của gương cầu lõm tiêu cự $f = 20cm$ cho ảnh S' với $SS' = 30cm$. Tìm vị trí của S và S'. Vẽ hình.

Giải

Tùy theo vị trí của S, có thể xảy ra một trong ba trường hợp sau đây :

a) *S' là ảnh thật nằm xa gương hơn vật :*

Vị trí ảnh : $d' = \dfrac{d.f}{d-f} = \dfrac{20d}{d-20}$



Hình 22

Khoảng cách vật và ảnh :

$$d' - d = 30$$

$$\frac{20d}{d-20} - d = 30$$

$$\Rightarrow \quad d^2 - 10d - 600 = 0$$

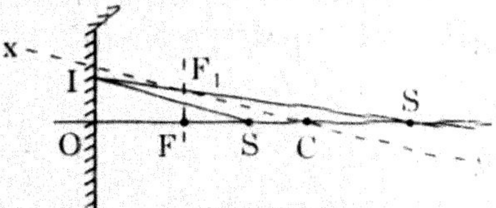
$$\Delta' = 5^2 + 600 = 625 = 25^2$$

$$d = 5 \pm 25$$

Chỉ nhận giá trị $d > 0$ tức $d = 30$ (cm). Suy ra : $d' = 60$ (cm).

Cách vẽ hình :

- Qua tâm C vẽ trục phụ xCy.
- Từ F dựng mặt tiêu, nó cắt trục phụ tại tiêu điểm phụ F_1.
- Từ S vẽ tia tới SI // xCy.
- Tia phản xạ IF_1 cắt trục chính tại S'.

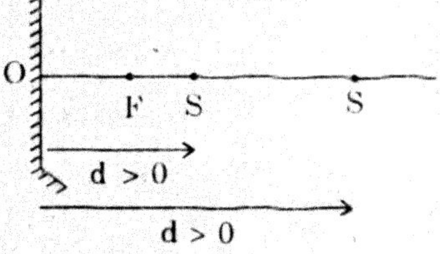


Hình 23

b) *S' là ảnh thật nằm gần gương hơn vật :*

$$\text{Ta có : } \begin{cases} d' = \dfrac{d.f}{d-f} = \dfrac{20d}{d-20} \\ d - d' = 30 \end{cases}$$

Hình 24



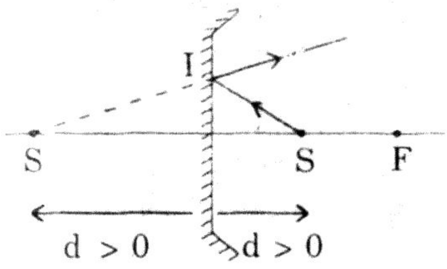
$$\Leftrightarrow \quad d^2 - 70d + 600 = 0$$

$$\Delta = 50^2$$

$$d = \frac{70 \pm 50}{2} = \left| \begin{array}{l} 60 \text{ (cm)} \\ 10 \text{ (cm)} < f \end{array} \right.$$

S' là ảnh thật nên $d > f$, vậy chỉ nhận : $d = 60$ (cm) và $d' = 30$ (cm).

c) *S' là ảnh ảo :* (nằm sau gương)



Hình 25

Ta có : $\begin{cases} d' = \dfrac{d.f}{d-f} = \dfrac{20d}{d-20} \\ \text{và : } d - d' = SS' = 30 \text{ (cm)} \end{cases}$

$$\Rightarrow \quad d^2 - 70d + 600 = 0$$

$$\Rightarrow \quad d = \begin{cases} 60 \text{ (cm)} > f \\ 10 \text{ (cm)} \end{cases}$$

S' là ảnh ảo nên d < f, vậy chỉ nhận : $d = 10$ (cm) và $d' = -20$ (cm).

Dạng 8 BIẾT TIÊU CỰ VÀ ĐỘ DỊCH CHUYỂN CỦA VẬT, CỦA ẢNH. TÌM VỊ TRÍ VẬT – ẢNH

- Vật và ảnh luôn luôn di chuyển ngược chiều.
- Vị trí ảnh lúc đầu : $d_1' = \dfrac{d_1 f}{d_1 - f}$
- Vị trí ảnh lúc sau : $d_2' = \dfrac{d_2 f}{d_2 - f}$

Với : $d_2 = d_1 \pm a$; $d_2' = d_1' \mp b$

(a và b là độ dịch chuyển của vật và ảnh).

Ví dụ : Một gương cầu lõm tiêu cự f = 20cm. Điểm sáng lúc đầu nằm tại S_1 trên trục chính có ảnh S_1'. Sau đó điểm sáng di chuyển đến S_2 (gần gương hơn S_1). Với $S_1S_2 = 5$cm thì ảnh di chuyển đến S_2' với $S_1'S_2' = 40$cm (S_1' và S_2' đều ở trước gương).

a) Tìm chiều dịch chuyển ảnh khi điểm sáng dịch về gần gương.

b) Xác định vị trí điểm sáng S_1 và ảnh S_1' lúc đầu.

Giải

a) *Chiều dịch chuyển của ảnh :*

Có : $\dfrac{1}{d} + \dfrac{1}{d'} = \dfrac{1}{f}$: không đổi (d và d' đều dương)

Điểm sáng di chuyển về gần gương tức d giảm thì d' tăng. Vậy ảnh chạy ra xa gương.

b) *Vị trí vật và ảnh lúc đầu :*

Vị trí ảnh lúc đầu : $dl_1' = \dfrac{d_1 f}{d_1 - f} = \dfrac{20d_1}{d_1 - 20}$ (1)

Vị trí ảnh lúc sau : $d_2' = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{20d_2}{d_2 - 20}$

Với $\begin{cases} d_2 = d_1 - 5 \\ d_2' = d_1' + 40 \end{cases}$ nên : $d_1' + 40 = \frac{20(d_1 - 5)}{(d_1 - 5) - 20}$ (2)

(2) – (1) : $40 = \frac{20(d_1 - 5)}{d_1 - 25} - \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

$$2(d_1 - 25)(d_1 - 20) = (d_1 - 5)(d_1 - 20) - d_1(d_1 - 25)$$

$\Rightarrow \quad d_1^2 - 45d_1 + 450 = 0$

$\Delta = 25^2$

$$d_1 = \frac{45 \pm 25}{2} = \left| \begin{array}{l} 30 \text{ (cm)} \\ 15 \text{ (cm)} < f \end{array} \right.$$

Vì S_1' là ảnh thật nên $d_1 > f$, vậy chỉ nhận : $d_1 = 30$ (cm) và $d_1' = 60$ (cm)

Dạng 9 BIẾT ĐỘ DỊCH CHUYỂN VẬT VÀ ẢNH, ĐỘ LỚN VẬT VÀ ĐỘ LỚN ẢNH. TÌM TIÊU CỰ.

Vị trí đầu : $\begin{cases} \frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} \\ \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = -\frac{d_1'}{d_1} \end{cases}$ Vị trí sau : $\begin{cases} \frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} \\ \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = -\frac{d_2'}{d_2} \end{cases}$

Với : $d_2 = d_1 \pm a$ và $d_2' = d_2 \mp b$

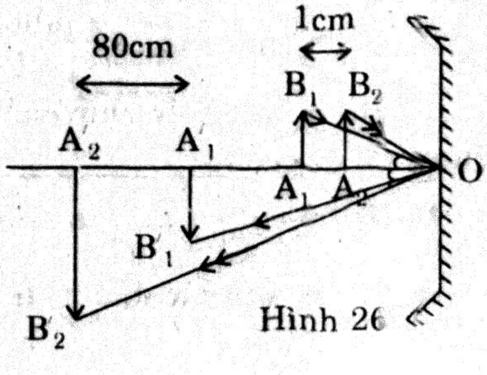
(a, b là độ di chuyển của vật và ảnh).

Ví dụ 1 : Một vật phẳng nhỏ đặt trước một gương cầu lõm cho ảnh trên màn M. Cho vật tiến về gần gương 1cm thì phải dịch màn đi 80cm mới thu được ảnh rõ nét trở lại. Ảnh lúc này bằng $\frac{5}{4}$ lần ảnh trước.

Tính tiêu cự của gương và vẽ ảnh ứng với vị trí ban đầu của vật và ảnh.

Giải

Vị trí ban đầu : $\begin{cases} \frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} & (1) \\ \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{d_1'}{d_1} & (2) \end{cases}$



Hình 26

Vị trí sau :
$$\begin{cases} \frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{d_1 - 1} + \frac{1}{d_1' + 80} & (3) \\ \frac{A_2B_2}{AB} = \frac{d_2'}{d_2} = \frac{d_1' + 80}{d_1 - 1} & (4) \end{cases}$$

(1) và (3) cho : $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} = \frac{1}{d_1 - 1} + \frac{1}{d_1' + 80}$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{1}{d_1'} - \frac{1}{d_1' + 80} = \frac{1}{d_1 - 1} - \frac{1}{d_1}$$

$$d_1'(d_1' + 80) = 80d_1(d_1 - 1) \qquad (5)$$

Lập tỉ số giữa (2) và (4) : $\frac{A_1B_1}{A_2B_2} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_1 - 1}{d_1' + 80}$

$$\frac{4}{5} = \frac{d_1'(d_1 - 1)}{d_1(d_1' + 80)}$$

$$4d_1(d_1' + 80) = 5d_1'(d_1 - 1) \qquad (6)$$

Lập tỉ số giữa (5) và (6) : $\frac{d_1'}{4d_1} = 16\frac{d_1}{d_1'}$

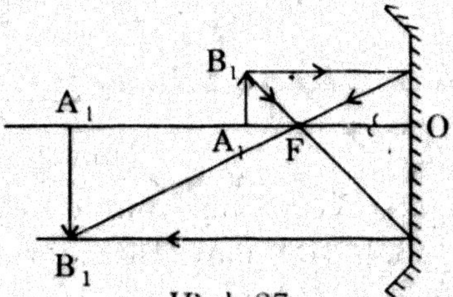
$$d_1'^2 = 64d_1^2$$

Vì d_1 và d_1' đều dương nên $d_1' = 8d_1$

Thay $d_1' = 8d_1$ vào (5) :

$$8d_1(8d_1 + 80) = 80d_1(d_1 - 1)$$

$\Rightarrow \quad d_1 = 45$ (cm) và $d_1' = 360$ (cm).

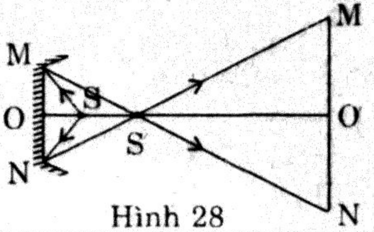


Hình 27

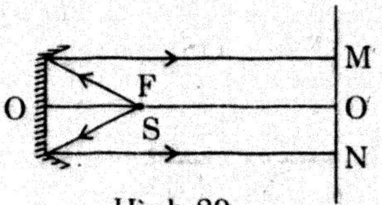
Thay vào (1), ta được : $f = \frac{d_1 . d_1'}{d_1 + d_1'} = 40$ (cm).

Dạng 10

CHÙM TIA PHẢN XẠ TẠO THÀNH VÒNG TRÒN SÁNG TRÊN MÀN



Hình 28



Hình 29

Chùm sáng phản xạ trên gương có đường kính đường rìa MN sẽ tạo trên màn một vòng tròn sáng có đường kính $M'N'$ có thể :

+ $M'N' = MN$ khi S trùng với tiêu điểm F hoặc ảnh S' cách đều gương và màn ($S'O = S'O'$).

+ $M'N' > MN$ nếu S' là ảnh ảo hay S' là ảnh thật gần gương hơn màn.

+ $M'N' < MN$ nếu S' là ảnh thật nằm gần màn hơn gương (trước hoặc sau màn).

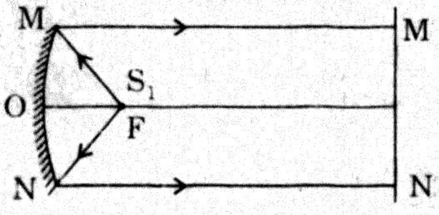
+ $M'N'$ thu lại thành một điểm sáng.

Ví dụ : Một gương cầu lõm có đường kính đường rìa hình tròn đặt cách màn ảnh M 3m và có trục chính vuông góc với màn M.

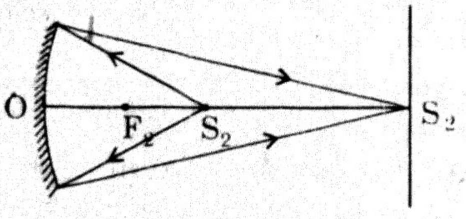
Dịch chuyển một điểm sáng S từ đỉnh gương ra xa dần trên trục chính, ta tìm được một vị trí của S (gọi là S_1) để trên màn ta nhận được một vết sáng tròn có đường kính bằng đường kính đường rìa gương và vết sáng này có kích thước không đổi khi màn di chuyển. Sau đó S đến vị trí S_2 mà trên màn ta nhận được một điểm sáng với $S_1S_2 = \dfrac{25}{11}$ cm.

Tính tiêu cự f của gương.

Giải



Hình 30



Hình 31

- Vết sáng tròn có được trên màn là phần giao của chùm phản xạ trên gương với màn. Đường rìa của vết sáng được tạo bởi các tia phản xạ tại đường rìa gương.

- Vết sáng có đường kính $M'N' = MN$ và kích thước không đổi khi màn di chuyển ứng với điểm sáng ở S_1 trùng với F ($OS_1 = f$).

- Khi trên màn có điểm sáng thì đó chính là ảnh S_2' của S_2. Lúc đó ta có :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{OS_2} + \frac{1}{OS_2'} \quad \text{với} \quad \begin{cases} OS_2 = OS_1 + S_1S_2 = f + \dfrac{25}{11} \text{ (cm)} \\ OS_2' = 300 \text{ (cm)} \end{cases}$$

$$\text{nên} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{f + \dfrac{25}{11}} + \frac{1}{300} \quad \Rightarrow \quad f^2 + \frac{25}{11}f - \frac{7500}{11} = 0$$

$$\Rightarrow \quad f = \left| \begin{array}{l} -27{,}27(cm) < 0 \\ 25\ (cm) \end{array} \right.$$

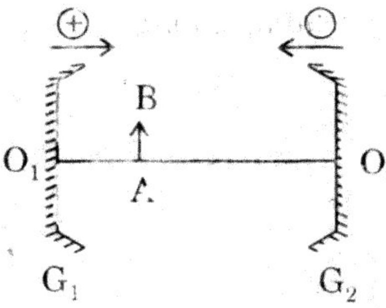
Chỉ nhận $f = 25$ (cm).

Dạng 11 ẢNH CỦA VẬT QUA HỆ GƯƠNG – GƯƠNG

① Một vật đặt giữa hai gương có mặt phản xạ hướng vào nhau thường có rất nhiều ảnh do các tia phản xạ liên tiếp trên hai gương tạo nên.

Thường thường ta chỉ xét ảnh sau khi tia sáng phản xạ trên mỗi gương một lần.

② Ảnh qua hệ hai gương do tia sáng chiếu tới gương G_1 trước thường khác với ảnh do tia sáng chiếu đến gương G_2 trước.



Hình 52

③ Sơ đồ tạo ảnh qua hệ hai gương và phản xạ trên mỗi gương một lần.

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{G_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{G_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

Trong đó d_1 và d_1' là các số đại số ứng với chiều dương là chiều phản xạ trên G_1; d_2 và d_2' ứng với chiều dương là chiều phản xạ trên G_2 với :

- $d_1 = \overline{O_1A} > 0$
- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1}$ hoặc $d_1' = -d_1$ nếu là gương phẳng.
- $d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d_1'$ $(l = O_1O_2)$
- $d_2' = \overline{O_2A'} = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2}$ hoặc $d_2' = -d_2$ nếu G_2 là gương phẳng.

④ Độ phóng đại : $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{d_1'}{d_1} \times \dfrac{d_2'}{d_2}$.

Ví dụ 1 : Cho hai gương cầu lõm G_1 và G_2 có cùng tiêu cự $f_1 = f_2 = 30$cm đặt cùng trục chính và mặt sáng quay vào nhau. Một điểm sáng A nằm trên trục chính giữa hai gương và cách G_1 45cm.

Biết $O_1O_2 = 150$cm. Định vị trí và tính chất ảnh A' của A sau khi chùm sáng phản xạ trên G_1 rồi G_2.

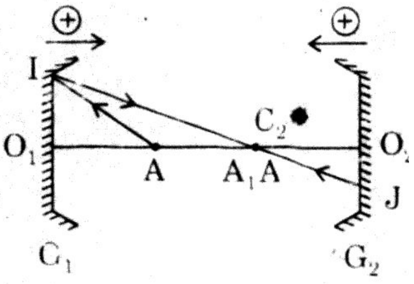
Giải

Chùm sáng phát ra từ A chiếu đến gương G_1, phản xạ và gần trục chính tại A_1 (đó là ảnh của A qua G_1). Chùm phản xạ tiếp tục gặp G_2 sau đó phản xạ trên G_2 và gặp trục chính tại A'. A_1 là vật đối với gương G_2 và có ảnh là A'. Các ảnh được tóm tắt theo sơ đồ :

$$\underbrace{A}_{d_1}\xrightarrow{G_1}\underbrace{\ }_{d_1'}A_1\underbrace{\ }_{d_2}\xrightarrow{G_2}\underbrace{A}_{d_2'}$$

Với :

+ $d_1 = \overline{O_1A} = 45$ (cm)



Hình 33

+ $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{45 \times 30}{45 - 30} = 90$ (cm)

+ $d_2 = \overline{O_2A_1} = O_1O_2 - d_1' = 60$ (cm)

Vì $\overline{O_2A_1} = \overline{O_2C_2}$ nên A_1 trùng với tâm C_2.

+ $d_2' = \overline{O_2A'} = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{60.30}{60 - 30} = 60$ (cm)

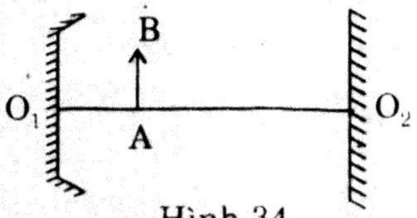
Có $\overline{O_2A'} = \overline{O_2C_2}$ nên A' trùng với C_2.

Điều này dễ hiểu vì tia tới IJ của gương G_2 qua tâm C_2 nên tia phản xạ trên G_2 cũng qua tâm C_2.

Vậy : A' là ảnh thật nằm tại tâm C_2 của gương G_2.

Ví dụ 2 : Cho hệ gồm gương lõm tiêu cự f = 50cm và gương phẳng đặt như hình vẽ với O_1O_2 = 2m. Vật sáng AB = 1cm đặt vuông góc với trục chính và nằm giữa hai gương. Ánh sáng phát ra từ vật AB lần lượt gặp gương lõm rồi gương phẳng và tạo ảnh A'B'.

Biết AB cách gương lõm 75cm. Xác định vị trí, tính chất và độ lớn ảnh A'B'. Vẽ ảnh.

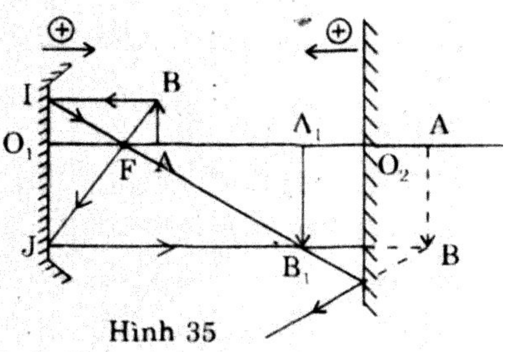


Hình 34

Giải

- Chiều dương của mỗi gương là chiều phản xạ trên gương đó.
- Sơ đồ tạo ảnh qua hệ hai gương :

$$\underbrace{AB}_{d_1}\xrightarrow{\text{G.Cầu}}\underbrace{\ }_{d_1'}A_1B_1\underbrace{\ }_{d_2}\xrightarrow{\text{G.Phẳng}}\underbrace{A'B}_{d_2'}$$



Hình 35

- $d_1 = \overline{O_1A} = 75$ (cm)
- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f}{d_1 - f} = 150$ (cm)
- $d_2 = l - d_1' = 50$ (cm)

- $d'_2 = \overline{O_2A'} = -d_2 = -50\ (cm) < 0$: $A'B'$ là ảnh ảo

- Độ phóng đại : $k = \dfrac{A'B'}{AB} = \dfrac{A'B'}{A_1B_1} \times \dfrac{A_1B_1}{AB}$

$$= -\frac{d'_2}{d_2} \times \left(-\frac{d'_1}{d_1}\right) = -2$$: ảnh $A'B'$ trái chiều với AB.

$$\Rightarrow \quad A'B' = 2AB = 2\ (cm)$$

Vậy : $A'B'$ là anh ảo, trái chiều với vật AB, nằm sau gương phẳng 50cm.

– Vẽ hình :

+ Vẽ tia tới BI // trục chính, tia phản xạ IF.

+ Vẽ tia tới BF, tia phản xạ // trục chính.

Hai tia phản xạ trên gương cầu lõm cắt nhau tại B_1.

Dựng ảnh A_1B_1 vuông góc với trục chính.

+ Hai tia phản xạ IF và JB_1 đến gặp gương phẳng. Cho 2 tia phản xạ và kéo dài gặp nhau tại B' đối xứng với B_1 qua gương phẳng.

Dựng ảnh $A'B'$ vuông góc với trục chính.

Ví dụ 3 : Hai gương cầu lõm cùng tiêu cự f đặt đối diện nhau và có cùng trục chính. Khoảng cách giữa hai đỉnh gương là *l*. Tìm vị trí điểm sáng A trên trục chính và giữa hai gương sao cho mọi tia sáng phát xuất từ A sau khi phản xạ liên tiếp trên hai gương lại trở về A. Biện luận.

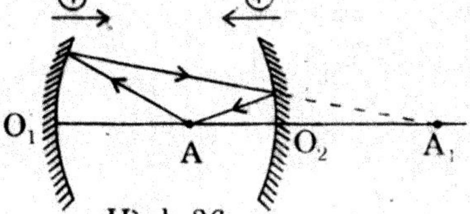
Áp dụng bằng số : f = 20cm và :

a) $l = 40cm$; **b)** $l = 80cm$; **c)** $l = 100cm$.

Giải

Sơ đồ tạo ảnh :

$$\underbrace{A}_{d_1} \xrightarrow{O_1} \underbrace{A_1}_{d'_1} \underbrace{}_{d_2} \xrightarrow{O_2} \underbrace{A_2}_{d'_2} \equiv A$$



Hình 36

Đối với mỗi gương, chiều dương là chiều phản xạ ánh sáng.

- $d_1 = \overline{O_1A}$

- $d'_1 = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1 f}{d_1 - f}$

- $d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d'_1 = \dfrac{ld_1 - lf - d_1 f}{d_1 - f}$

- $d'_2 = \overline{O_2A} = \dfrac{d_2 f}{d_2 - f} = f.\dfrac{ld_1 - fl - d_1 f}{ld_1 - lf - 2d_1 f + f^2}$ (1)

Mặt khác : $d'_2 = \overline{O_2A} = l - \overline{O_1A} = l - d_1$ (2)

(1) và (2) cho : $f\dfrac{ld_1 - fl - d_1 f}{ld_1 - lf - 2d_1 f + f^2} = l - d_1$

$$\Rightarrow \quad (l - 2f)d_1^2 - l(l - 2f)d_1 + lf(l - 2f) = 0$$

$$(l - 2f)(d_1^2 - ld_1 + lf) = 0$$

+ . Nếu $l = 2f$: Phương trình nghiệm đúng với mọi giá trị của d, nghĩa là nếu khoảng cách hai gương bằng 2 lần tiêu cự thì mọi tia sáng phát ra từ A bất kì đều phản xạ trên 2 gương lại trở về A.

+ Nếu $l \neq 2f$ thì : $d_1^2 - ld_1 + lf = 0$ (3)

$$\Delta = l^2 - 4lf = l(l - 4f)$$

- Nếu $l = 4f$: $\Delta = 0$

  Phương trình (3) cho : $d_1 = \dfrac{l}{2}$: A là trung điểm O_1O_2.

- Nếu $l > 4f$: Nghiệm của (3) là : $d_1 = \dfrac{l \pm \sqrt{l(l - 4f)}}{2}$

  Có 2 vị trí điểm sáng A.

- Nếu $l < 4f$: $\Delta < 0$: Không có vị trí của A thỏa mãn đề toán.

Áp dụng bằng số :

- $l = 40\text{cm} = 2f$: Có vô số điểm sáng A.
- $l = 80\text{cm} = 4f$: Có 1 vị trí A, đó là trung điểm O_1O_2
- $l = 100\text{cm} > 4f$: Có 2 vị trí A với :
- $d_1 = \overline{O_1A} = \dfrac{l + \sqrt{l(l - 4f)}}{2} = \dfrac{100 + \sqrt{100(100 - 80)}}{2} \approx 72 \text{ (cm)}$

  và $d_2 = \overline{O_1A} = \dfrac{l - \sqrt{l(l - 4f)}}{2} = \dfrac{100 - \sqrt{100(100 - 80)}}{2} \approx 28 \text{ (cm)}.$

ĐỀ THI

1.1. Hai gương phẳng song song M và N quay mặt sáng vào nhau và đặt cách nhau một khoảng AB = d. Giữa hai gương trên đường thẳng AB người ta đặt một điểm sáng S cách gương M một đoạn SA = a.

Xét một điểm O nằm trên đường thẳng đi qua S và vuông góc với AB có khoảng cách OS = h.

a) Vẽ đường đi của một tia sáng xuất phát từ S phản xạ trên gương N (tại điểm I) và truyền qua O.

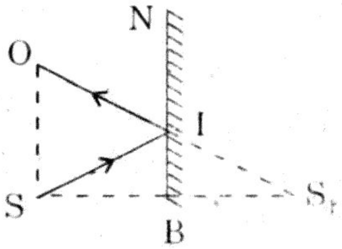
b) Vẽ đường đi của một tia sáng xuất phát từ S phản xạ lần lượt trên gương N (tại H), trên gương M (tại K) rồi truyền qua O.

c) Tính các khoảng cách từ I, K, H đến AB.

(ĐH BÁCH KHOA TP.HCM – 1975)

Giải

a) *Vẽ đường đi của tia sáng phát ra từ S → (N) → O :*



Hình 37

+ Giả sử ta vẽ được tia SIO thì tia phản xạ IO có đường kéo dài qua ảnh S_1 đối xứng với S qua gương N.

+ Suy ra cách vẽ :

- Lấy S_1 đối xứng với S qua gương N.
- Nối S_1O nó cắt gương N tại I.
- Nối S và I.

SIO là tia sáng phải vẽ.

b) *Vẽ đường đi của tia sáng từ S → (N) → (M) → O :*

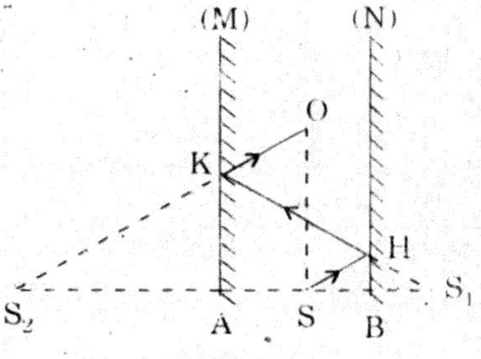
+ Giả sử ta đã vẽ được tia SHKO thì :

- Tia phản xạ HK có đường kéo dài qua ảnh S_1 của S qua gương N.
- Tia phản xạ KO có đường kéo dài qua ảnh S_2 của S_1 qua gương M.

+ Suy ra cách vẽ :

- Lấy S_1 đối xứng với S qua gương (N)
- Lấy S_2 đối xứng với S_1 qua gương (M)
- Nối O và S_2 nó cắt (M) tại K
- Nối K và S_1 nó cắt (N) tại H
- Nối S và H

SHKO là tia sáng phải vẽ.



Hình 38

c) *Tính BI, AK, BH :*

(H.1) cho : $\boxed{BI = \frac{h}{2}}$

(H.2) cho :

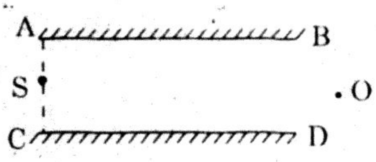
- $$\frac{KA}{OS} = \frac{S_2A}{S_2S} = \frac{S_1A}{S_2A + AS} \quad \text{với} \quad \begin{cases} S_1A = S_1B + BA \\ \quad\; = SB + AB \\ \quad\; = (d - a) + d = 2d - a \\ S_2A = S_1A = 2d - a \end{cases}$$

nên : $\frac{KA}{OS} = \frac{2d - a}{(2d - a) + a} = \frac{2d - a}{2d} \Rightarrow \boxed{KA = h.\frac{2d - a}{2d}}$

- $\frac{BH}{AK} = \frac{S_1B}{S_1A} = \frac{SB}{S_1A} = \frac{d - a}{2d - a} \Rightarrow \boxed{BH = h.\frac{d - a}{2d}}$

1.2. Hai gương phẳng AB và CD cùng độ dài l = 89cm được đặt đối diện nhau, cho mặt phản xạ hướng vào nhau, song song với nhau và cách nhau khoảng a = 10cm. Một điểm sáng S nằm giữa hai gương, cách đều hai gương, ngang với hai mép A và C.

1. Mắt người quan sát đặt tại O, cách đều hai gương và cách S một khoảng SO = 1 m sẽ trông thấy bao nhiêu ảnh của điểm S ? Số ảnh đó thay đổi thế nào nếu ta thay đổi khoảng cách a giữa hai gương.



Hình 39

2. Vẽ đường đi của các tia sáng từ S tới O trong các trường hợp sau đây :

a) Tia sáng phản xạ lần lượt trên mỗi gương một lần.

b) Tia sáng phản xạ trên gương AB hai lần và trên gương CD một lần.

Giải

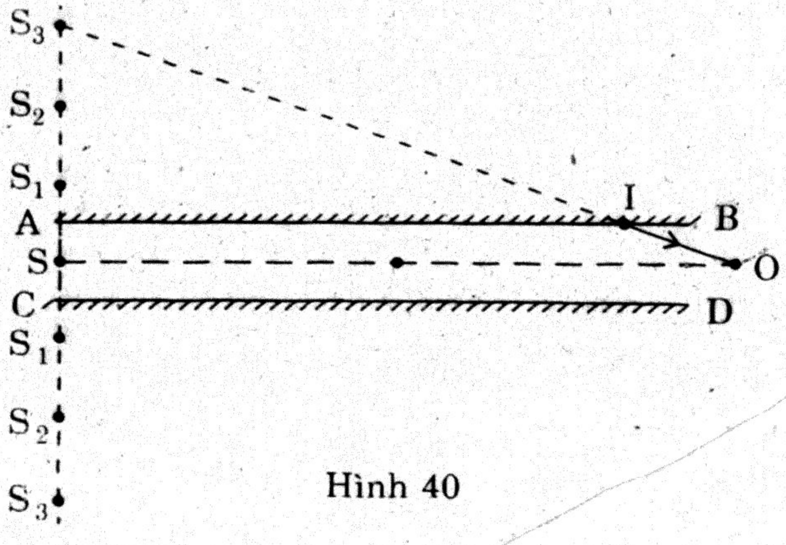
1. *Số ảnh mắt trông thấy được :*

Chùm tia sáng ra từ S chiếu về phía gương AB trước sẽ lần lượt tạo các ảnh theo sơ đồ :

$$S \xrightarrow{(AB)} \textcircled{S_1} \xrightarrow{(CD)} S_2' \xrightarrow{(AB)} \textcircled{S_3} \xrightarrow{(CD)} \ldots$$

Chùm sáng chiếu về gương CD trước sẽ tạo các ảnh :

$$S \xrightarrow{(CD)} S_1' \xrightarrow{(AB)} \textcircled{S_2} \xrightarrow{(CD)} S_3' \xrightarrow{(AB)} \ldots$$



Hình 40

Qua hai sơ đồ ta thấy : Các ảnh qua gương AB lần lượt là $S_1, S_2, \ldots, S_K$.

Do tính đối xứng của ảnh và vật qua gương, ta có :

$SS_1 = a$

$SS_2 = 2a$

. . . .

$SS_K = K.a$

Mắt thấy được ảnh S_K qua gương AB thì đường S_KO (ví dụ trên hình vẽ là đường S_3O) phải cắt gương AB tại I tức :

$$0 \le AI \le AB \qquad (*)$$

Do AI // SO nên : $\dfrac{AI}{SO} = \dfrac{AS_K}{SS_K} = \dfrac{Ka - \dfrac{a}{2}}{K.a} = 1 - \dfrac{1}{2K}$.

$$\Rightarrow \quad AI = \left(1 - \frac{1}{2K}\right).100 \text{ (cm)}$$

Biểu thức (*) cho : $0 \le \left(1 - \dfrac{1}{2K}\right) \times 100 \le 89$ (cm)

$$\frac{1}{2} \le K \le \frac{9}{2}$$

Vậy : K = 1, 2, 3, 4 (có 4 ảnh)

Vì lí do đối xứng, qua gương CD mắt cũng thấy được 4 ảnh. Vậy số ảnh mắt thấy được tất cả là 8 ảnh.

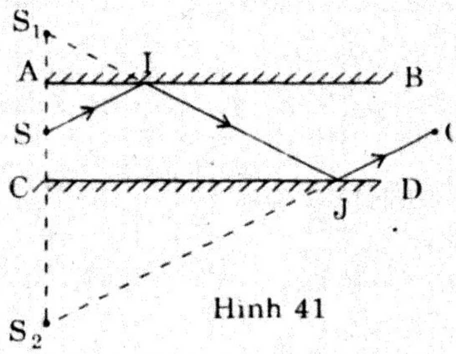
Qua phép chứng minh ta thấy : giá trị K không phụ thuộc vào a, tức số ảnh không thay đổi khi a thay đổi.

2. *Vẽ đường đi tia sáng :*

a) *Tia sáng phản xạ trên mỗi gương một lần :*

+ Giả sử đã vẽ được tia SIJO, ta thấy :

- Tia phản xạ IJ kéo dài qua ảnh S_1 của S qua gương AB.
- Tia tới IJ của gương (CD) coi như phát ra từ S_1 nên tia phản xạ JO có đường kéo dài qua S_2' là ảnh của S_1 qua gương (CD).



Hình 41

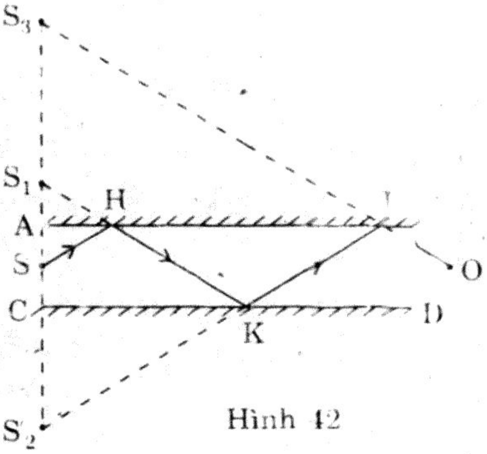
+ Suy ra cách vẽ :

- Vẽ S_1 đối xứng với S qua gương (AB); S_2' đối xứng với S_1 qua gương (CD).
- Nối S_2' với O nó cắt (CD) tại J.
- Nối J với S_1 nó cắt gương (AB) tại I
- Nối S với I

SIJO là tia sáng phải vẽ.

b) *Tia sáng phản xạ trên gương (AB) hai lần và (CD) một lần:*

Lí luận tương tự như trên ta có phép vẽ :



Hình 42

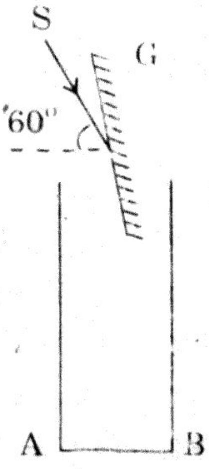
- Vẽ S_1 đối xứng với S qua gương AB; vẽ S'_2 đối xứng với S_1 qua gương CD; vẽ S_3 đối xứng với S'_2 qua gương AB.
- Nối S_3 với O nó cắt AB tại L.
- Nối S'_2 với L nó cắt CD tại K.
- Nối S_1 với K nó cắt AB tại H.
- Nối SH.

SHKLO là tia sáng phải vẽ.

1.3. Dùng một gương phẳng nhỏ G để hắt một chùm tia sáng mặt trời hẹp xuống đáy một giếng cạn hình trụ thẳng đứng dọc theo trục của giếng (H.vẽ 43).

1. Tính góc làm bởi mặt gương và đường thẳng đứng, biết các tia sáng mặt trời nghiêng với mặt phẳng nằm ngang góc 60°.

2. Để cho vết sáng quét đi quét lại một đoạn bằng đường kính đáy giếng, người ta cho gương phẳng dao động quanh vị trí xác định ở câu 1) chung quanh một trục đi qua điểm tới và vuông góc với mặt phẳng tới. Hãy tính biên độ của dao động này. Cho biết đường kính của đáy giếng là 0,5 m và khoảng cách từ gương tới đáy giếng là 10 m.



Hình 43

Giải

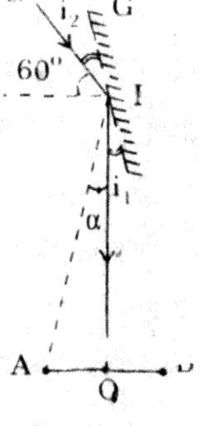
1. *Tính góc làm bởi mặt gương và đường thẳng đứng :*

Từ định luật phản xạ ta suy ra : $i_1 = i_2$

mà : $i_1 + 90^\circ + 60^\circ + i_2 = 180^\circ$

hay $2i_1 + 150^\circ = 180^\circ$

$$\boxed{i_1 = 15^\circ}$$



Hình 44

2. *Biên độ dao động của gương phẳng :*

Để tia phản xạ quét đường kính AB thì biên độ dao động của tia phản xạ là α cho bởi :

$$\text{tg}\alpha = \frac{AO}{IO} = \frac{0{,}25\text{m}}{10\text{m}} = 0{,}025$$

α là góc bé nên : $\alpha \approx \text{tg}\alpha = 0{,}025$ (Rad)

Với tia phản xạ là IO thì gương nằm ở vị trí tìm được ở câu 1) và tia phản xạ là IA tức đã quay đi góc α thì gương phải quay đi góc $\frac{\alpha}{2}$ so với vị trí trước và đó cũng là biên độ dao động của gương.

Vậy biên độ dao động của gương là : $\beta = \frac{\alpha}{2} = 0,0125$ (Rad).

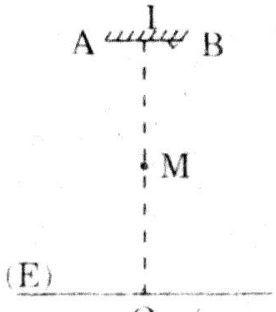
1.4. Một gương phẳng có đường rìa hình tròn bán kính 0,5m. Trên trục trước gương và cách gương 1m có mắt M của người quan sát nhìn vào gương. Màn (E) đặt song song và cách gương 2m. (H.vẽ 45)

1. Hỏi diện tích trên màn mà mắt có thể thấy được qua gương.

2. Để diện tích trên màn thấy được qua gương tăng lên gấp đôi thì :

a) Người phải dịch chuyển trên trục về phía nào và bao nhiêu khi màn cố định ?

b) Màn phải dịch chuyển song song với gương về phía nào và bao nhiêu khi người cố định ?



Hình 45

Giải

1. *Diện tích trên màn mà mắt thấy được qua gương :*

- Thị trường của gương phẳng đối với mắt M là hình nón cụt mà đáy nhỏ là gương, đường sinh tựa trên mép gương và đi qua ảnh M' của mắt M.

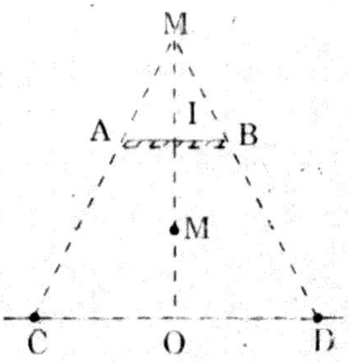
- Diện tích trên màn mà mắt thấy được qua gương là diện tích hình tròn do màn cắt thị trường có đường kính CD.

- Hình vẽ cho : $\frac{CD}{AB} = \frac{M'O}{M'I} = 3$

$\Rightarrow \quad CD = 3AB = 3(m)$

- Diện tích thị trường trên màn :

$$\boxed{S = \pi\left(\frac{CD}{2}\right)^2 = 7,065\ (m^2)} \qquad (1)$$



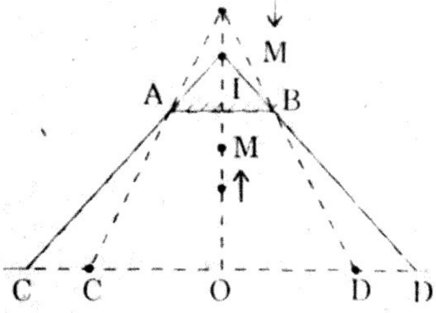
Hình 46

2. a) *Người dịch chuyển – màn đứng yên :*

- Để diện tích trên màn thấy được gương tăng lên thì thị trường phải tăng, muốn vậy ảnh M' phải gần gương hơn, tức người dịch chuyển về gần gương.

- Diện tích trên màn :

$$S' = \pi\left(\frac{C'D'}{2}\right)^2 \qquad (2)$$



Hình 47

(1) và (2) cho : $\dfrac{S'}{S} = \left(\dfrac{C'D'}{CD}\right)^2$

$$\Rightarrow \quad \frac{C'D'}{CD} = \sqrt{\frac{S'}{S}} = \sqrt{2}\,.$$

Với CD = 3AB nên : $\dfrac{C'D'}{AB} = 3\sqrt{2} \qquad (3)$

- Xét hình vẽ, ta có : $\dfrac{M'O}{M'I} = \dfrac{C'D'}{AB} = 3\sqrt{2}$ hay $\dfrac{M'I + IO}{M'I} = 3\sqrt{2}$

$$\Rightarrow \quad M'I = \frac{IO}{3\sqrt{2} - 1} = \frac{2}{3\sqrt{2} - 1} \approx 0{,}617\ (m)$$

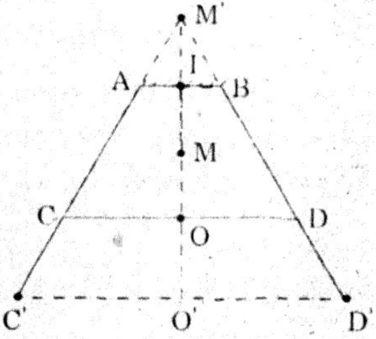
Đó cũng là khoảng cách từ người đến gương.

Vậy người đã dịch chuyển về gần gương :

$$\boxed{\Delta x = 1 - 0{,}617 = 0{,}383\ (m)}$$

b) *Màn dịch chuyển – người đứng yên :*

- Thị trường không đổi, để diện tích thị trường trên màn tăng lên thì màn phải dịch ra xa gương (từ CD → C'D').



Hình 48

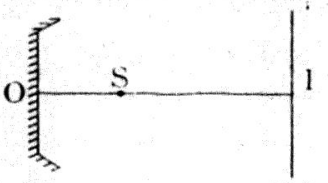
- Hình vẽ cho : $\dfrac{M'O'}{M'I} = \dfrac{C'D'}{AB} = 3\sqrt{2}$

$$\frac{M'O + OO'}{M'I} = 3\sqrt{2}$$

Với : $M'O = 3m$; $M'I = 1m$

Ta được : $\boxed{OO' = 3(\sqrt{2} - 1) = 1{,}242\ (m)}$

1.5. Gương cầu lõm và màn (M) đặt như hình vẽ 49, cách nhau a = 100cm. Giữa gương và màn ta tìm được hai vị trí của nguồn sáng S mà tại đó chúng cùng cho trên màn hai vòng tròn sáng có đường kính bằng nhau và bằng 7/6 lần đường kính rìa của gương. Hai vị trí ấy cách nhau $\dfrac{336}{11}$ cm. Tính bán kính gương.



Hình 49

Giải

- Vòng tròn sáng trên màn là phần giao của màn và chùm sáng phản xạ trên gương.

- Vòng tròn sáng có đường kính lớn hơn đường kính đường rìa gương ứng với hai trường hợp :

  + Chùm phản xạ phân kì.

  + Chùm phản xạ hội tụ tại S' gần gương hơn màn.

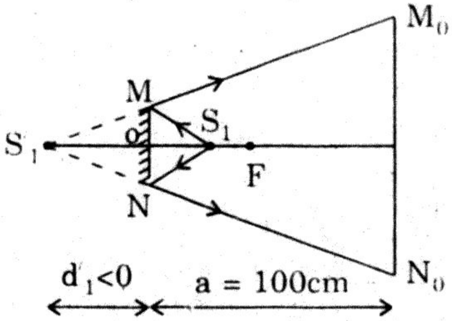
a) *Chùm phản xạ phân kì :*

- $\Delta S'_1MN \backsim \Delta S'_1M_0N_0$

$$\Rightarrow \quad \frac{|d'_1|}{|d'_1| + 100} = \frac{MN}{M_0N_0} = \frac{6}{7}$$

$$\Rightarrow \quad |d'_1| = 600 \text{ (cm)}$$

$$d'_1 = -600 \text{ (cm)}$$



Hình 50

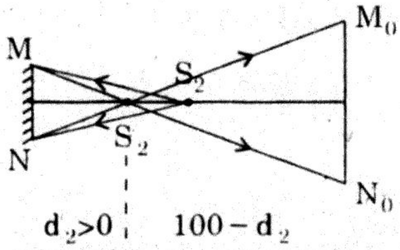
- Công thức gương cầu cho : $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{600}$ (1)

b) *Chùm phản xạ hội tụ gần gương hơn màn :*

- $\Delta S'_2MN \backsim \Delta S'_2M_0N_0$ cho :

$$\frac{d'_2}{100 - d'_2} = \frac{MN}{M_0N_0} = \frac{6}{7}$$

$$\Rightarrow \quad d'_2 = \frac{600}{13} \text{ (cm)}$$



Hình 51

- Công thức gương cầu cho : $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{\frac{600}{13}}$ (2)

(1) và (2) cho : $\frac{1}{d_1} - \frac{1}{600} = \frac{1}{d_2} + \frac{13}{600} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} = \frac{7}{300}$ (3)

- Mặt khác : S_1 nằm trong OF tức $d_1 < f$

  S_2 nằm ngoài OF tức $d_2 > f > d_1$

Do đó : $d_2 = d_1 + \frac{336}{11}$ (cm)

(3) cho : $\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_1 + \frac{336}{11}} = \frac{7}{300} \quad \Rightarrow \quad 77d_1^2 + 2352\,d_1 - 100800 = 0$

$$\Delta = 3024^2$$

$$d_1 = \frac{-1176 \pm 3024}{77}$$

Chỉ nhận nghiệm dương : $d_1 = 24$ (cm)

- (1) ⇒ $f = \frac{-600d_1}{d_1 - 600} = \frac{-600.24}{24 - 600} = 25$ (cm)

$\boxed{R = 2f = 50 \text{ (cm)}}$

1.6. Một người đứng trước gương thấy ảnh mình trong gương cùng chiều nhưng nhỏ hơn mình 4 lần. Người lùi xa gương thấy ảnh dịch đi 2,5cm so với ảnh trước và nhỏ hơn mình 5 lần.

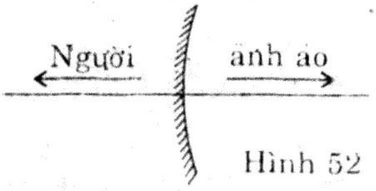
1. Hỏi đó là gương gì (lồi, lõm hay phẳng) ? Và chiều dịch chuyển của ảnh.

2. Tính độ dịch chuyển của người. Vẽ hình ứng với vị trí sau.

Giải

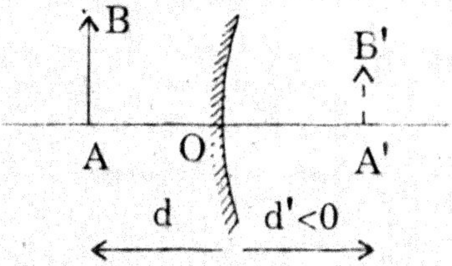
1. *Loại gương và chiều dịch chuyển của ảnh :*

- Ảnh cùng chiều với vật thật : Ảnh ảo.
- Ảnh ảo nhỏ hơn vật : Gương cầu lồi.
- Ảnh và vật di chuyển ngược chiều, do đó người lùi xa nên ảnh ảo dịch chuyển xa gương.

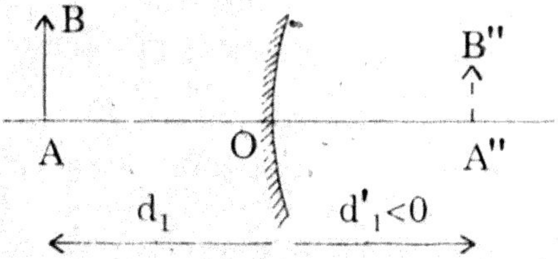


Hình 52

2. *Độ dịch chuyển của người :*



Hình 53a



Hình 53b

- Vị trí đầu : $\begin{cases} \frac{d'}{d} = -\frac{1}{4} \\ \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{4d'}$ (1)

- Vị trí sau : $\begin{cases} \frac{d_1'}{d_1} = -\frac{1}{5} \\ \frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{4}{5d_1'}$ (2)

- (1) và (2) cho : $\frac{3}{4d'} = \frac{4}{5d_1'}$

Với $|d_1'| = |d'| + 2,5$ hay $d_1' = d' - 2,5$

nên : $\dfrac{3}{4d'} = \dfrac{4}{5(d' - 2,5)} \Rightarrow d' = -37,5$ (cm)

- Do $\dfrac{d'}{d} = -\dfrac{1}{4} \Rightarrow d = -4d' = 150$ (cm)

  Và $\dfrac{d_1'}{d_1} = -\dfrac{1}{5} \Rightarrow d_1 = -5d_1' = -5(d' - 2,5)$

  $= -5(-37,5 - 2,5) = 200$ (cm)

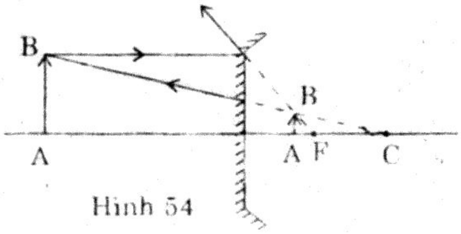
  Vậy độ dịch chuyển của người : $\boxed{\Delta d = d_1 - d = 50 \text{ (cm)}}$

- Hình vẽ :

  Tiêu cự gương :

  $$f = \frac{4d'}{3} = \frac{4 \times (-37,5)}{3} = 50 \text{ (cm)}$$

  Vị trí vật : $d_1 = 200$ (cm).



Hình 54

1.7. Một người cận thị nhìn ảnh ảo của mặt mình trong một gương cầu lõm bán kính 120cm. Biết rằng người ấy chỉ nhìn ảnh rõ từ 15cm đến 50cm trước mắt.

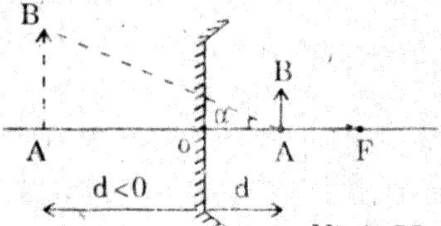
1. Hỏi gương phải đặt cách mắt bao nhiêu ?

2. Gương ở vị trí nào thì góc trông ảnh lớn nhất ?

Giải

1. *Khoảng cách từ gương đến mắt:*

- Ta có hệ phương trình :



Hình 55

$$\begin{cases} d - d' = l = AA' \\ d' = \dfrac{df}{d - f} = \dfrac{60d}{d - 60} \end{cases} \Rightarrow d - \frac{60d}{d - 60} = l$$

$$\frac{d^2 - 120d}{d - 60} = l$$

Ảnh chỉ dịch chuyển từ 15cm → 50cm trước mắt nên :

$$15 \text{ (cm)} \leq l = AA' \leq 50 \text{ (cm)}$$

- Với $l = 15$ (cm) ta được : $\dfrac{d^2 - 120d}{d - 60} = 15 \Rightarrow d^2 - 135d + 900 = 0$

$$\Rightarrow d = \left| \begin{array}{l} 7 \text{ (cm)} \\ 128 \text{ (cm)} > 50 \text{ (cm) : loại} \end{array} \right.$$

- Với $l = 50$ (cm) ta được : $\dfrac{d^2 - 120d}{d - 60} = 50 \Rightarrow d^2 - 170d + 3000 = 0$

$$\Rightarrow \quad d = \left|\begin{array}{l} 150\text{ (cm)} > 50\text{ (cm) : loại} \\ 20\text{ (cm)} \end{array}\right.$$

Vậy gương cách mắt khoảng d với : $\boxed{7\text{ (cm)} \le d \le 20\text{ (cm)}}$

2. *Vị trí gương để góc trông ảnh lớn nhất :*

- Góc trông ảnh là $\alpha = \widehat{A'AB'}$ với : $\text{tg}\alpha = \dfrac{A'B'}{AA'}$

Với : + $A'B' = \left|\dfrac{d'}{d}\right| AB = \dfrac{60}{|d - 60|} . AB = \dfrac{60AB}{60 - d}$

+ $AA' = l = \dfrac{d^2 - 120d}{d - 60}$

nên : $\text{tg}\alpha = \dfrac{60AB}{120d - d^2}$

- Để có $\text{tg}\alpha$ lớn nhất thì $120d - d^2$ bé nhất.

Đặt $y = 120d - d^2$

Lấy đạo hàm của y theo d : $y' = 120 - 2d$

$y' = 0 \rightarrow d = 60$

- Bảng xét dấu đạo hàm :

d	7	20	60	
y'		+	0	−
y	↗	↗	y_{max}	↘

y tăng liên tục từ d = 7cm → 20cm

Vậy : $\text{tg}\alpha = \dfrac{60AB}{y}$ giảm liên tục từ d = 7cm → 20cm.

Tức $d = 7$cm thì $(\text{tg}\alpha)_{max}$.

Hay $\alpha = \alpha_{max}$ ứng với gương cách mắt $d = 7$ (cm).

1.8. Một gương phẳng hình tròn, bán kính đường rìa là $r = 5$cm. Trên trục của gương và cách gương khoảng $d = 0,5$m về phía mặt phản xạ có mắt người quan sát. Sau lưng người quan sát và cách gương 10m ta đặt tấm màn vuông góc với trục gương.

1. Tính nửa góc ở đỉnh hình nón xác định thị trường gương và diện tích trên màn mà mắt thấy được qua gương.

2. Để diện tích thấy được trên màn tăng lên 25 lần ta thay gương phẳng bằng gương cầu lồi có cùng bán kính đường rìa.

Tính tiêu cự gương này.

Giải

1. *Nửa góc ở đỉnh hình nón xác định thị trường gương và diện tích trên màn :*

- Nửa góc ở đỉnh của hình nón xác định thị trường gương là α cho bởi :

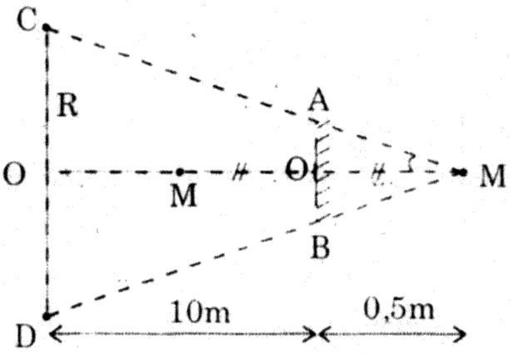
$$\text{tg}\alpha = \frac{OA}{OM'} = \frac{5\ \text{cm}}{50\ \text{cm}} = 0{,}1$$

α là góc bé (vì $\text{tg}10^\circ \approx 0{,}176$)

nên : $\alpha \approx \text{tg}\alpha = 0{,}1$ (Rad)

$$= 0{,}1 \times \frac{180^\circ}{3{,}14}$$

$$\boxed{\alpha = 5{,}7^\circ}.$$



Hình 56

- Vùng thấy được trên màn qua gương

là giao của thị trường với màn, đó là vòng tròn bán kính O'C = R cho bởi :

$$\text{tg}\alpha = \frac{O'C}{O'M'} = \frac{R}{O'O + OM'} = \frac{R}{10 + 0{,}5} \quad \Rightarrow \quad R = 1{,}05\ \text{(m)}$$

Diện tích trên màn mà mắt thấy được : $\boxed{S = \pi R^2 \approx 3{,}46\ (\text{m}^2)}$

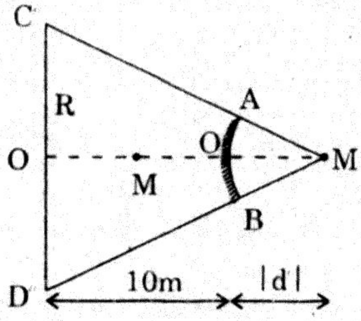
2. *Tiêu cự gương cầu lồi :*

- Diện tích trên màn mà mắt thấy được là : R

$$S' = \pi R'^2$$

- Lập tỉ số : $\dfrac{S'}{S} = \left(\dfrac{R'}{R}\right)^2$

$$\Rightarrow \quad R' = R\sqrt{\frac{S'}{S}} = 5R = 5{,}25\ \text{(m)}$$



Hình 57

- $\Delta M''O''C'' \backsim \Delta M''OA$ cho :

$$\frac{M''O''}{M''O} = \frac{O''C''}{OA} = \frac{R'}{r}$$

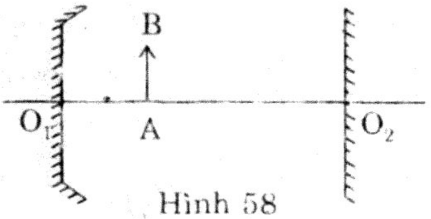
$$\frac{10 + |d'|}{|d'|} = \frac{5{,}25}{0{,}05} = 105 \quad \Rightarrow \quad |d'| = \frac{10}{104}\ \text{(m)}$$

M là ảnh ảo nên : $d' = -\dfrac{10}{104}$ (m)

- Tiêu cự gương cầu lồi : $f = \dfrac{dd'}{d + d'}$ với $d = OM = 0,5m$

$$= \frac{0,5 \times \dfrac{-10}{104}}{0,5 - \dfrac{10}{104}} \approx -0,119 \text{ (m)}.$$

1.9. Cho hệ gồm gương lõm tiêu cự f = 50cm và gương phẳng đặt như hình vẽ với O_1O_2 = 2m. Vật sáng AB = 1cm đặt vuông góc với trục chính và nằm giữa hai gương. Ánh sáng phát ra từ vật AB lần lượt gặp gương lõm rồi gương phẳng và tạo ảnh $A'B'$.



Hình 58

1. AB cách gương lõm 75cm. Xác định vị trí, tính chất và độ lớn ảnh $A'B'$. Vẽ ảnh.

2. Để ảnh $A'B'$ cùng độ lớn nhưng trái chiều với ảnh trước (ở câu 1) thì phải dịch AB tới vị trí nào ? Vẽ ảnh lúc đó.

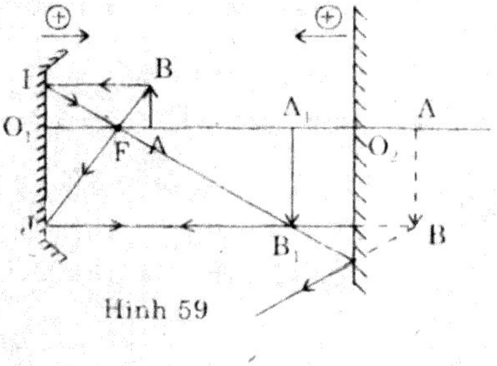
Giải

1. *Xác định ảnh $A'B'$ của AB :*

– Chiều dương của mỗi gương là chiều phản xạ trên gương đó.

– Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{GC} \underbrace{A_1B_1}_{d_1' \quad d_2} \xrightarrow{GP} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$



Hình 59

- $d_1 = \overline{O_1A} = 75$ (cm)
- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f}{d_1 - f} = 150$ (cm)
- $d_2 = l - d_1' = 50$ (cm)
- $d_2' = -d_2 = -50$ (cm) < 0 : $A'B'$ là ảnh ảo.
- $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} \times \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = -\dfrac{d_2'}{d_2} \times \left(-\dfrac{d_1'}{d_1}\right) = -2$

(Dấu "–" chứng tỏ $A'B'$ và AB trái chiều)

$\overline{A'B'} = -2.\overline{AB} = -2$ (cm)

Vậy : A'B' là ảnh ảo, trái chiều với AB, cao 2cm, nằm sau gương phẳng 50 (cm).

– Vẽ hình :

- Vẽ tia tới BI // trục chính, tia phản xạ IF.
- Vẽ tia tới BF, tia phản xạ // trục chính.
- Hai tia phản xạ vừa vẽ cắt nhau tại B_1. Vẽ ảnh A_1B_1.
- Hai tia tới gương phẳng là IB_1 và JB_1 cho 2 tia phản xạ kéo dài cắt nhau tại B' sau gương phẳng.

Vẽ ảnh A'B' : đó là ảnh ảo nằm đối xứng với A_1B_1 qua gương phẳng.

2. *Vị trí để ảnh A'B' cùng tính chất, cùng độ lớn nhưng trái chiều với ảnh trước :*

- $$d_1' = \overline{O_1A_1} = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{50d_1}{d_1 - 50}$$
- Độ phóng đại : $$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \left(-\frac{d_2'}{d_2}\right)\left(-\frac{d_1'}{d_1}\right)$$

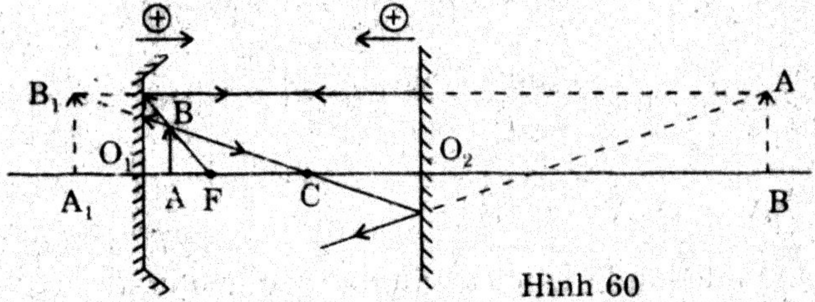
Với $d_2' = -d_2$ (vì ảnh và vật đối xứng qua gương phẳng)

nên : $$k = -\frac{d_1'}{d_1} = -\frac{50}{d_1 - 50}$$

Ảnh A'B' bây giờ trái chiều với ảnh ở câu 1) tức cùng chiều với AB nên

$$k = -\frac{50}{d_1 - 50} = +2 \quad \Rightarrow \quad d_1 = 25\ (\text{cm})$$

- Vẽ ảnh :

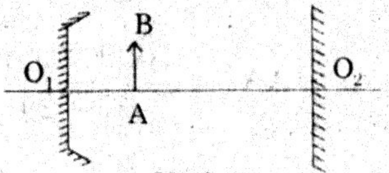


Hình 60

1.10. Gương cầu lõm tiêu cự f = 20cm và gương phẳng bố trí như hình vẽ 61. Chùm sáng phát ra từ vật AB lần lượt phản xạ trên gương lõm rồi đến gương phẳng để tạo ảnh A'B'. Khi vật AB cách gương lõm 30cm thì ảnh A'B' là ảnh thật cách gương phẳng 10cm.

1. Tính khoảng cách *l* giữa hai gương.

2. Dịch vật AB tới vị trí mới. Xác định vị trí mới này, biết rằng lúc đó ảnh A'B' cách vật AB 110cm. Vẽ ảnh.



Hình 61

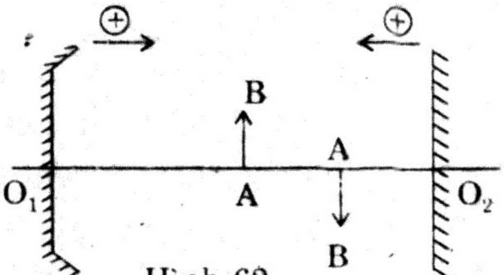
Giải

1. *Tính khoảng cách l giữa hai gương :*

– Chiều dương ứng với mỗi gương là chiều phản xạ ánh sáng.

– Sơ đồ tạo ảnh :

$$\underbrace{AB}_{d_1}\xrightarrow{GC}\underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2}\xrightarrow{GP}\underbrace{A'B'}_{d_2'}$$



Hình 62

- $d_1 = \overline{O_1A} = 30$ (cm)
- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1 f}{d_1 - f} = \dfrac{30.20}{30 - 20} = 60$ (cm)
- $d_2 = \overline{O_2A_2} = l - d_1' = l - 60$ (cm)
- $d_2' = \overline{O_2A'} = -d_2 = 60 - l$ (cm) (1)

Theo đề bài : $d_2' = \overline{O_2A'} = +10$ (cm) (2)

(1) và (2) cho : $\boxed{l = 50 \text{ (cm)}}$

2. *Vị trí vật AB biết AA' = 110 (cm) :*

- $d_1 = \overline{O_1A} > 0$
- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1 f}{d_1 - f} = \dfrac{20d_1}{d_1 - 20}$
- $d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d_1' = 50 - \dfrac{20d_1}{d_1 - 20} = \dfrac{30d_1 - 1000}{d_1 - 20}$
- $d_2' = \overline{O_2A'} = -d_2 = \dfrac{1000 - 30d_1}{d_1 - 20}$

– Ta có : $\overline{AA'} = \overline{O_2A'} - \overline{O_2A}$

– Đối với chiều dương là chiều phản xạ trên gương phẳng thì :

$$\overline{O_2A'} = d_2' = \frac{1000 - 30d_1}{d_1 - 20}$$

$\overline{O_2A} = l - d_1$, do đó :

$$\overline{AA'} = \frac{1000 - 30d_1}{d_1 - 20} - (l - d_1) = \frac{1000 - 50d_1 + d_1^2}{d_1 - 20} - l \quad \text{(với } l = 50\text{cm)}$$

– Theo đề : AA' = 110cm ⇔ $\overline{AA'} = \pm 110$ (cm)

- $$\frac{1000 - 50d_1 + d_1^2}{d_1 - 20} - 50 = +110$$

$$1000 - 50d_1 + d_1^2 = 160(d_1 - 20)$$

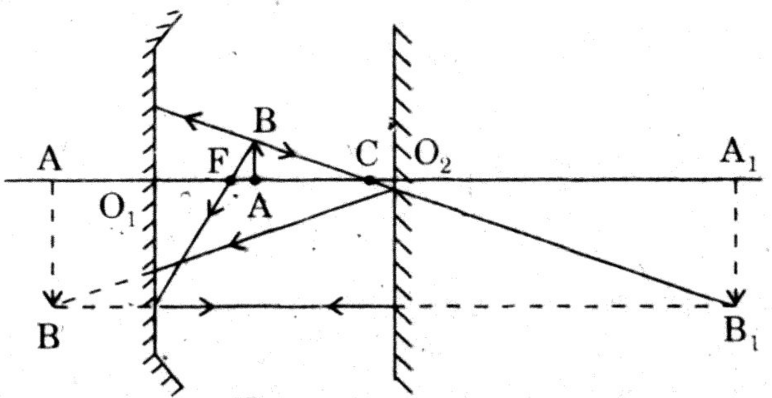
$$d_1^2 - 210d_1 + 4200 = 0$$

$$\Delta' \approx 82{,}62$$

$$d_1 = 105 \pm 82{,}62 = \left| \begin{array}{l} 187{,}6 \text{ (cm)} > l = 50 \text{ (cm)} \\ 22{,}4 \text{ (cm)} \end{array} \right.$$

Vì vật AB giữa hai gương nên $d_1 < l$. Vậy chỉ nhận : $\boxed{d_1 \approx 22{,}4 \text{ (cm)}}$.

– *Hình vẽ :*



Hình 63

- $$\frac{1000 - 50d_1 + d_1^2}{d_1 - 20} - 50 = -110$$

$$1000 - 50d_1 + d_1^2 = -60(d_1 - 20)$$

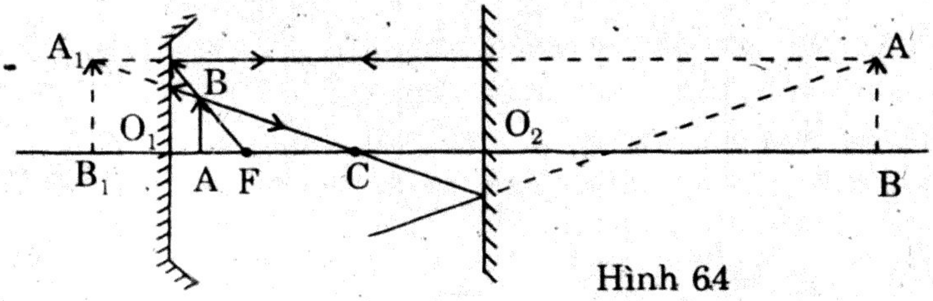
$$d_1^2 + 10d_1 - 200 = 0$$

$$\Delta' = 15^2$$

$$d_1 = -5 \pm 15 = \left| \begin{array}{l} 10 \text{ cm} \\ -20 \text{ cm} < 0 : \text{loại} \end{array} \right.$$

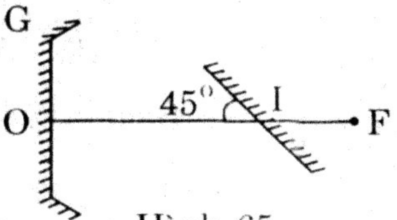
Vậy : $\boxed{d_1 = 10 \text{ (cm)}}$.

– *Hình vẽ :*



Hình 64

1.11. Vật kính của một kính thiên văn phản xạ dùng trong trường học là một gương cầu lõm G có tiêu cự f. Kính được hướng sao cho trục chính của gương đi qua tâm mặt trăng thì ta nhận được ảnh mặt trăng có đường kính $A_1B_1 = \frac{6}{7}$ (cm). Góc trông mặt trăng từ trái đất là $30'$ ($1' \approx \frac{1}{3500}$ Rad).



Hình 65

1. Tính tiêu cự f của gương cầu.

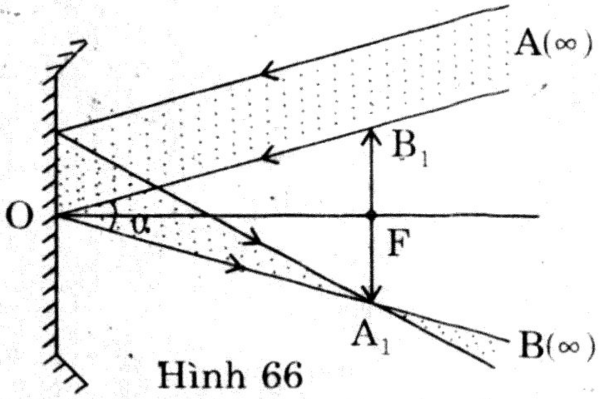
2. Đặt gương phẳng nghiêng góc 45° với trục chính tại I (I khoảng giữa OF) như hình vẽ 65 sao cho mặt phản xạ hai gương hướng vào nhau thì ta thu được ảnh $A'B'$ sau hai lần phản xạ trên gương cầu và gương phẳng nằm cách trục chính gương cầu 10cm. Tính IO.

Giải

1. *Tiêu cự gương cầu :*

Gọi A, B là 2 mép của mặt trăng (ở rất xa).

– Mặt trăng ở rất xa nên ảnh của nó là A_1B_1 nằm ở tiêu diện của gương. Chùm tia tới phát ra từ mép A là một chùm song song đến mặt gương cho chùm phản xạ hội tụ tại điểm A_1 nằm trên tiêu diện gương (trong đó tia phản xạ của tia tới AO nằm đối xứng với tia tới AO qua trục chính và trùng với tia tới BO phát ra từ mép B).



Hình 66

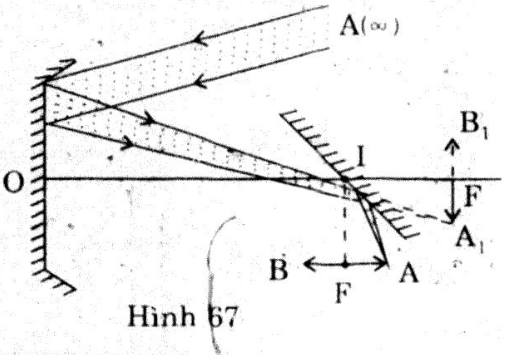
– Hình vẽ cho : $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2} = \frac{FB_1}{OF} \Rightarrow OF = \frac{2FB_1}{\alpha}$

Với : $\begin{cases} 2FB_1 = A_1B_1 = \frac{6}{7} \text{(cm)} \\ \alpha = 30' = 30.\frac{1}{3500} \text{(Rad)} \end{cases}$ nên : $OF = \frac{6}{7} : \frac{30}{3500} = 100$ (cm)

hay : $\boxed{f = 100 \text{ (cm)}}$.

2. *Tính IO :*

A_1B_1 bây giờ là vật ảo của gương phẳng nên cho ảnh thật $A'B'$ qua gương phẳng. Vì gương phẳng nghiêng góc 45° với trục chính và $A_1B_1 \perp$ trục chính nên $A'B'$ // trục chính với : $IF = IF' = 10$ (cm)



Hình 67

Có : $OI = OF - IF = 100 - 10 \Rightarrow \boxed{OI = 90 \text{ (cm)}}$.

1.12. Một gương cầu lõm lớn G_1 có bán kính R = 4 m có trục chính hướng vào tâm mặt trăng.

1. Góc trông mặt trăng là $30'$ ($1' \approx \frac{1}{3500}$ Rad). Tính đường kính ảnh mặt trăng tạo bởi G_1.

2. Để được một ảnh thật của mặt trăng ở đúng trên mặt gương G_1, người ta đặt trước G_1 một gương G_2 nhỏ hơn sao cho trục chính của G_1 vuông góc với G_2 và cho mặt phản xạ của hai gương hướng vào nhau. Ánh sáng phản xạ trên G_1 lại phản xạ trên G_2 rồi mới hội tụ trên mặt gương G_1. Xác định vị trí của G_2 và độ lớn của ảnh cuối cùng trong ba trường hợp sau đây :

a) G_2 là gương phẳng.

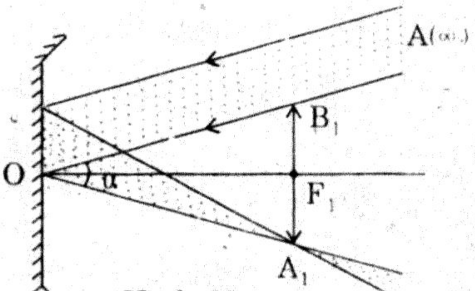
b) G_2 là gương cầu lồi, tiêu cự f = −22,5 (cm)

c) G_2 là gương cầu lõm, tiêu cự f = 22,5 (cm).

Giải

1. *Đường kính ảnh mặt trăng tạo bởi G_1 :*

– Ảnh A_1B_1 của mặt trăng qua gương cầu lõm G_1 là ảnh thật hiện tại tiêu diện.



Hình 68

– Có : $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2} = \frac{F_1B_1}{O_1F_1}$

$$F_1B_1 = O_1F_1.\frac{\alpha}{2} = f_1.\frac{\alpha}{2}$$

$$A_1B_1 = 2.F_1B_1 = f_1.\alpha$$

Với $\begin{cases} f_1 = \dfrac{R}{2} = 200 \text{ (cm)} \\ \alpha = 30.\dfrac{1}{3500} = \dfrac{3}{350} \text{ (Rad)} \end{cases}$ nên : $\boxed{A_1B_1 = 200.\frac{3}{350} = 1{,}7 \text{ (cm)}}$.

2. *Vị trí của G_2 và độ lớn ảnh cuối cùng $A'B'$:*

Trong cả 3 trường hợp ta đều có sơ đồ tạo ảnh của mặt trăng qua hệ như sau :

$$\underbrace{\text{Mặt trăng}}_{d_1} \xrightarrow{\text{Gương } G_1} \underbrace{A_1}_{d'_1}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{Gương } G_2} \underbrace{A'B'}_{d'_2}$$

- $d_1 = \overline{O_1A} = \infty$
- $d'_1 = \overline{O_1F_1} = f_1 = 200$ (cm)
- $d_2 = \overline{O_2F_1} = l - d'_1 = l - 200$ (cm) (1)

a) *G_2 là gương phẳng :* (H.69)

Vì ảnh $A'B'$ hiện ngay trên gương G_1 nên là ảnh thật (vì trước gương G_2) và cách G_2 khoảng l tức:

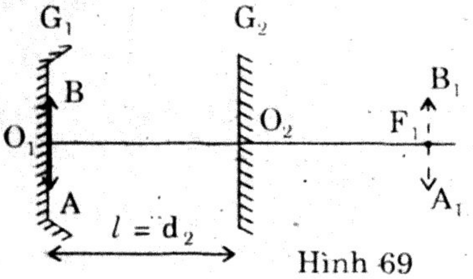
$$d'_2 = \overline{O_2O_1} = l \qquad (2)$$

Vì G_2 là gương phẳng nên ảnh $A'B'$ và A_1B_1 phải đối xứng qua gương phẳng, do đó :

$$d_2 = -d'_2$$

(1) và (2) cho : $\quad l - 200 = -l$

$$\Rightarrow \quad \boxed{l = 100 \text{ (cm)}}$$



Hình 69

Vậy gương phẳng G_2 cách gương lõm G_1 100 (cm).

- Độ lớn ảnh : $\boxed{A'B' = A_1B_1 = 1{,}7 \text{ (cm)}}$

b) *G_2 là gương cầu lồi :* (H.70)

Đối với gương lồi G_2 vị trí ảnh $A'B'$ được xác định bởi :

$$d'_2 = \overline{O_2O_1} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(l-200)(-22{,}5)}{(l-200)+22{,}5} = -22{,}5\,\frac{l-200}{l-177{,}5} \qquad (3)$$

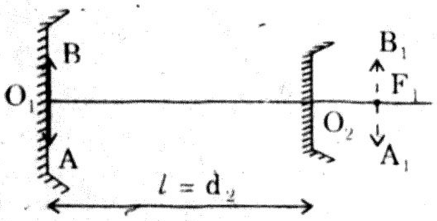
(2) và (3) cho :

$$-22{,}5\,\frac{l-200}{l-177{,}5} = l$$

$$\Rightarrow \quad l^2 - 155l - 4500 = 0$$

$$\Delta' = 205^2$$

$$l = \frac{155 \pm 205}{2} = \left| \begin{array}{l} 180 \text{ (cm)} \\ -25 \text{ (cm)} < 0 \text{ : loại} \end{array} \right.$$



Hình 70

Vậy hai gương cách nhau 180 (cm).

- Độ lớn ảnh : $A'B' = \left|\frac{d'_2}{d_2}\right| A_1B_1 = \left|\frac{f_2}{d_2 - f_2}\right| \times A_1B_1$

Với $d_2 = l - 200 = 180 - 200 = -20$ (cm) nên :

$$A'B' = \left|\frac{-22{,}5}{-20+22{,}5}\right| \times 1{,}7$$

$$\boxed{A'B' = 15{,}3 \text{ (cm)}}.$$

c) *G_2 là gương lõm :* (H.71)

Vị trí ảnh $A'B'$ của A_1B_1 qua gương lõm G_2 :

$$d_2' = \overline{O_2O_1} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(l - 200).(22,5)}{(l - 200) - 22,5} = 22,5\,\frac{l - 200}{l - 222,5} \qquad (4)$$

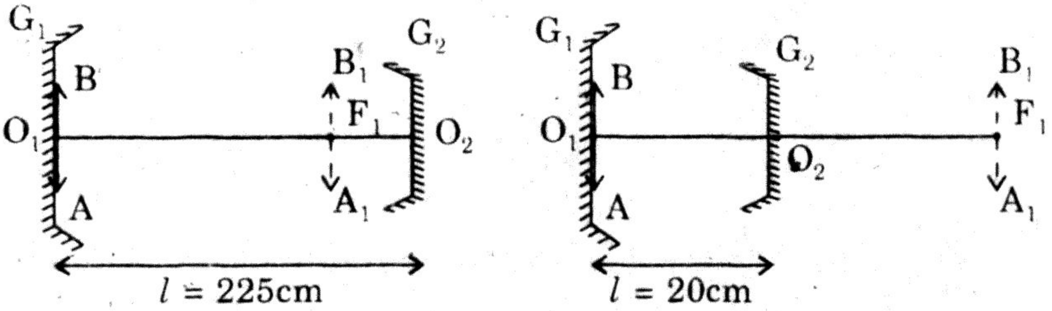
(2) và (4) cho :

$$22,5\,\frac{l - 200}{l - 222,5} = l \quad \Rightarrow \quad l^2 - 245l + 4500 = 0$$

$$\Delta = 205^2$$

$$\Rightarrow \quad l = \frac{245 \pm 205}{2} = \left| \begin{array}{l} 225\ (cm) \\ 20\ (cm) \end{array} \right.$$

Vậy : Có 2 vị trí của gương cầu lõm G_2, đó là hoặc nó cách G_1 225cm hoặc nó cách G_1 20 (cm).



Hình 71

- Với $l = 225$cm :

$$d_2 = l - 200 = 25\ (cm)$$

Độ lớn ảnh : $A'B' = \left|\frac{22,5}{25 - 22,5}\right| \times 1,7 = 15,3\ (cm)$

- Với $l = 20$cm :

$$d_2 = l - 200 = -180\ (cm)$$

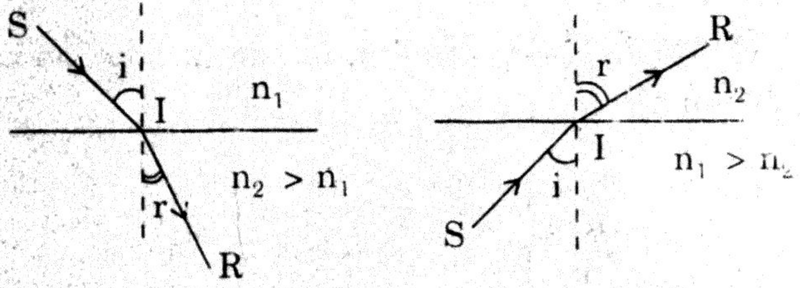
Độ lớn ảnh : $A'B' = \left|\frac{22,5}{-180 - 22,5}\right| \times 1,7 \approx 0,19\ (cm).$

Chương II

ĐỊNH LUẬT KHÚC XẠ – LƯỠNG CHẤT PHẲNG – BẢN MẶT SONG SONG

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. *Định luật khúc xạ*



Hình 72

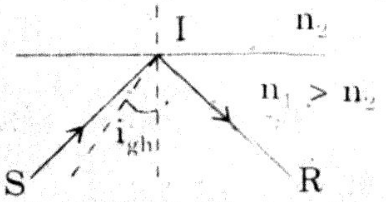
$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad \Leftrightarrow \quad n_1.\sin i = n_2.\sin r$$

2. *Hiện tượng phản xạ toàn phần*

Điều kiện để có phản xạ toàn phần là :

- Tia sáng truyền từ môi trường chiết suất lớn đến môi trường có chiết suất bé.
- Góc tới $i > i_{gh}$

với $\sin i_{gh} = \dfrac{\text{Chiết suất bé}}{\text{Chiết suất lớn}}$



Hình 73

($i = i_{gh}$: hiện tượng bắt đầu xảy ra)

3. *Lưỡng chất phẳng*

a) *Định nghĩa :*

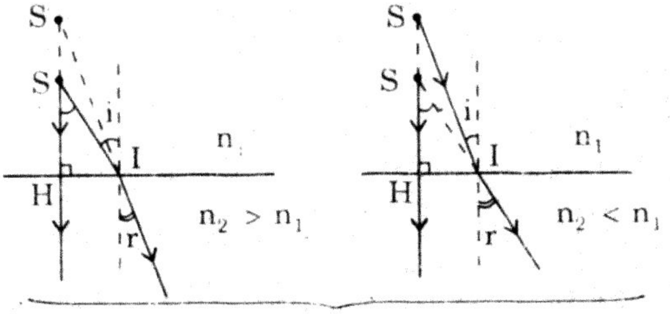
Lưỡng chất phẳng là quang hệ cấu tạo bởi hai môi trường trong suốt phân cách nhau bởi một mặt phẳng.

b) *Ảnh qua lưỡng chất phẳng :*

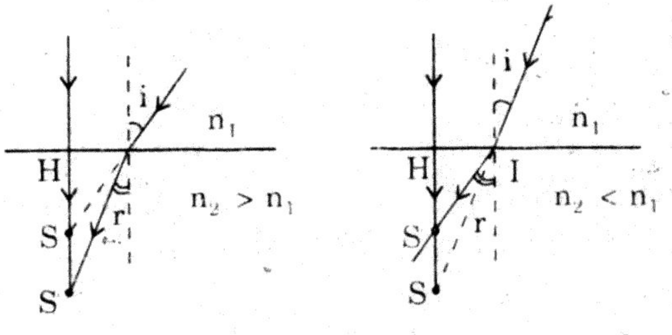
Để vẽ được ảnh ta thường vẽ hai tia sáng phát đi từ vật :

+ Một tia tới vuông góc với lưỡng chất phẳng.

+ Một tia khác đến lưỡng chất phẳng dưới một góc tới bé (điều kiện tương điểm).



VẬT THẬT - ẢNH ẢO



VẬT ẢO - ẢNH THẬT

Hình 74

c) *Công thức :*

$$\left.\begin{array}{l} \bullet\ \Delta HSI \Rightarrow tgi \approx i = \dfrac{HI}{HS} \\ \bullet\ \Delta HS'I \Rightarrow tgr \approx r = \dfrac{HI}{HS'} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{HS'}{HS} \qquad (1)$$

- Định luật khúc xạ (áp dụng trường hợp góc i, r bé) :

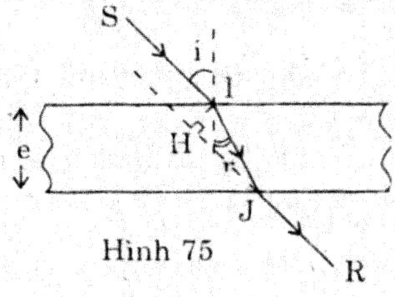
$$n_1.i = n_2.r \qquad \Rightarrow \qquad \frac{i}{r} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $\boxed{\dfrac{HS'}{HS} = \dfrac{n_2}{n_1}}$

4. *Bản mặt song song*

a) *Định nghĩa :*

Bản mặt song song là một môi trường trong suốt giới hạn bởi hai mặt phẳng song song.

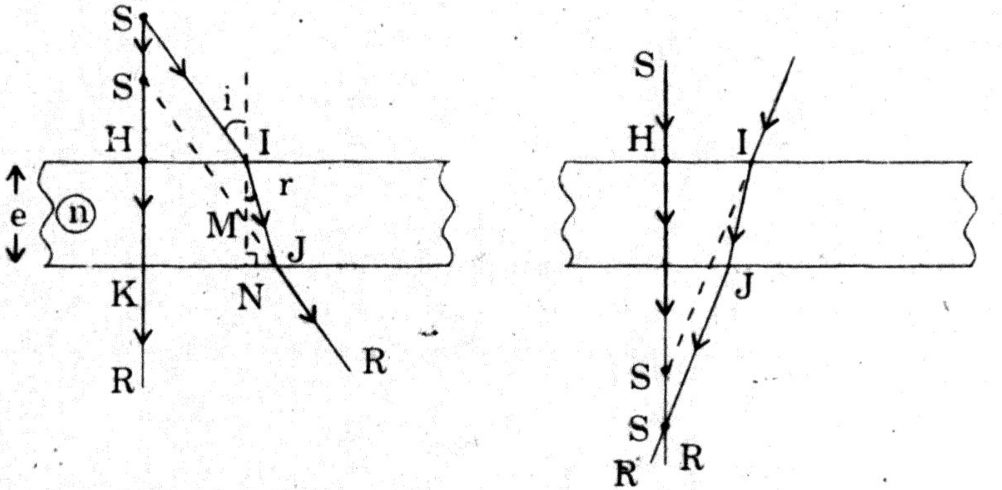


Hình 75

b) *Độ dời ngang của tia sáng khi ló ra khỏi bản mặt song song :*

- Tia tới SI và tia ló JR song song với nhau.
- Độ dời ngang của tia sáng ló so với tia tới là : $IH = e\dfrac{\sin(i - r)}{\cos r}$

c) *Ảnh qua bản song song :*



VẬT THẬT - ẢNH ẢO

VẬT ẢO - ẢNH THẬT

Hình 76

* *Cách vẽ ảnh :*

- Vẽ tia SH vuông góc với mặt của bản, tia này đi thẳng qua bản mà không bị đổi phương.
- Vẽ tia tới SI có góc tới i bé (điều kiện tương điểm), có tia ló JR // SI.
- Hai tia ló KR và JR' cắt nhau, đó là ảnh S'.

d) *Tính chất ảnh :*

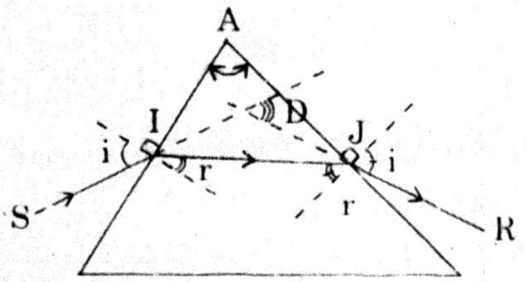
- Vật thật thì ảnh ảo và ngược lại.
- Ảnh được dời đi so với vật theo chiều truyền ánh sáng một khoảng

$$SS' = e\left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

- Vật AB cho ảnh A'B' song song và lớn bằng vật.

5. *Lăng kính*

a) *Định nghĩa :*



Hình 77

LĂNG KÍNH là một khối chất trong suốt có dạng một khối trụ hình tam giác.

$\hat{A}$: là góc chiết quang.

$\hat{D}$: là độ lệch của tia sáng.

b) *Công thức :*

$$\boxed{\begin{array}{l} \bullet\ \sin i = n \sin r \\ \bullet\ \sin i' = n \sin r' \\ \bullet\ A = r + r' \\ \bullet\ D = i + i' - A \end{array}} \xRightarrow{\text{Góc bé}} \boxed{\begin{array}{l} \bullet\ i \approx nr \\ \bullet\ i' \approx nr' \\ \bullet\ A = r + r' \\ \bullet\ D = (n-1)A \end{array}}$$

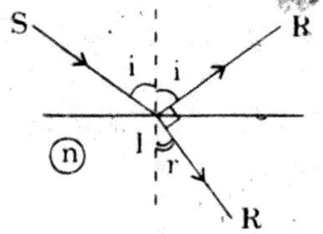
c) *Độ lệch cực tiểu :*

- Độ lệch D đạt cực tiểu khi $i = i'$ $\Rightarrow$ $r = r' = \dfrac{A}{2}$
- $\sin\dfrac{A + D_{min}}{2} = n\sin\dfrac{A}{2}$.

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Chiếu một tia sáng từ không khí vào một môi trường có chiết suất $n = \sqrt{3}$ thì tia khúc xạ và phản xạ vuông góc với nhau. Tính góc tới.

Giải



Hình 78

Định luật khúc xạ cho : $\sin i = \sqrt{3}\sin r$ (1)

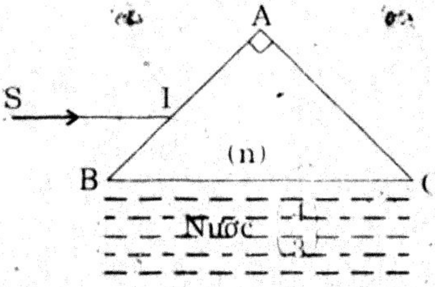
Vì $\widehat{RIR'} = 90^\circ$ nên : $i + r = 90^\circ$

$\Rightarrow$ $\sin r = \cos i$ (2)

(1) và (2) cho : $\sin i = \sqrt{3}\cos i$

$\Rightarrow$ $\text{tg}i = \sqrt{3}$ $\Rightarrow$ $i = 60^\circ$

Bài tập 2. Một lăng kính chiết suất n, tiết diện thẳng là một tam giác vuông cân ABC với AB = AC. Mặt đáy BC đặt tiếp xúc với mặt nước (chiết suất $\dfrac{4}{3}$). Tia đơn sắc SI song song với mặt đáy BC tới gặp mặt AB của lăng kính tại I, sau khi khúc xạ vào lăng kính sẽ gặp mặt đáy BC.



Hình 79

Chứng tỏ rằng để tia sáng không đi vào nước thì chiết suất lăng kính phải có giá trị bé nhất là n_0. Tính n_0.

Giải

Gọi IJ là tia sáng khúc xạ đi trong lăng kính. Kéo dài 2 đường pháp tuyến tại I và J chúng cắt nhau tại O, ta được :

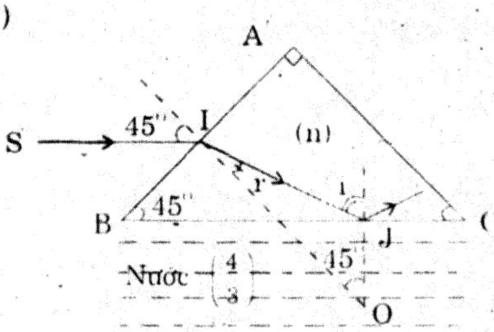
$\widehat{IOJ} = 45^\circ$ (góc có cạnh vuông góc)

Trong tam giác IJO, ta có:

$i = 45^\circ + r$

(tính chất góc ngoài của tam giác)

Để tia sáng IJ không tiếp tục đi vào nước thì nó bị phản xạ toàn phần tại J, muốn vậy :



Hình 80

$$i \geq i_{gh} \quad \text{với} \quad \sin i_{gh} = \frac{\frac{4}{3}}{n} = \frac{4}{3n}$$

(Dấu "=" ứng với tia sáng khúc xạ nằm sát mặt đáy BC)

$$\sin i \geq \sin i_{gh}$$

$$\sin(45 + r) \geq \frac{4}{3n}$$

Với $\sin(45 + r) = \sin 45.\cos r + \sin r.\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}(\cos r + \sin r)$

nên : $\frac{\sqrt{2}}{2}(\cos r + \sin r) \geq \frac{4}{3n}$ (1)

Áp dụng công thức về định luật khúc xạ tại I :

$$\sin 45^{o} = n.\sin r \quad \Rightarrow \quad \sin r = \frac{\sin 45}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2n} \qquad (2)$$

$$\text{Và} \quad \cos r = \sqrt{1 - \sin^{2} r} = \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{2}}{2n}\right)^{2}} = \frac{\sqrt{4n^{2} - 2}}{2n} = \frac{\sqrt{2}}{2n}.\sqrt{2n^{2} - 1} \qquad (3)$$

Thay các giá trị sin r và cos r vừa tính ở (2) và (3) vào (1) ta được :

$$\frac{\sqrt{2}}{2}\left(\frac{\sqrt{2}}{2n} + \frac{\sqrt{2}}{2n}\sqrt{2n^{2} - 1}\right) \geq \frac{4}{3n}$$

$$\frac{2}{4n}\left(1 + \sqrt{2n^{2} - 1}\right) \geq \frac{4}{3n}$$

$$1 + \sqrt{2n^{2} - 1} \geq \frac{8}{3}$$

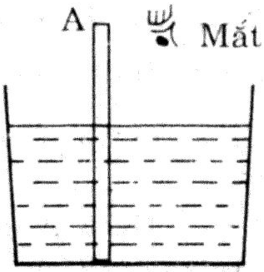
$$\sqrt{2n^{2} - 1} \geq \frac{5}{3}$$

$$n \geq \frac{\sqrt{17}}{3} = n_{o}$$

Vậy : để tia sáng đến gặp mặt đáy BC và không đi vào nước thì chiết suất của lăng kính phải có giá trị bé nhất là :

$$n_{o} = \frac{\sqrt{17}}{3} \approx 1,37.$$

Bài tập 3. Một thước kẻ AB = 33cm cắm thẳng xuống chậu nước. Đầu B ở sát đáy chậu còn đầu A ngoài không khí. Đặt mắt ngoài không khí và nhìn thước theo phương gần vuông góc với mặt nước thì người thấy được hai ảnh : một ảnh của đầu A và một ảnh của đầu B.



Hình 81

1. Giải thích tại sao mắt thấy được hai ảnh. Vẽ đường đi của chùm sáng hẹp để mô tả quá trình tạo các ảnh nói trên.

2. Biết ảnh của đầu A nằm trên ảnh của đầu B 2cm. Tính chiều sâu của nước trong chậu.

Chiết suất của nước là : $n = \frac{4}{3}$.

Giải

1. *Giải thích sự tạo hai ảnh :*

– Chùm sáng hẹp phát ra từ đầu A chiếu theo phương gần vuông góc với mặt nước đến gặp mặt nước thì có một phần bị phản xạ cũng gần theo phương vuông góc với mặt nước và tạo ảnh A′ được xác định bởi :

$$HA' = HA \qquad (1) \qquad \text{(Ảnh qua gương phẳng)}$$

Vì mắt nhìn thước theo phương gần vuông góc với mặt nước nên sẽ nhận được chùm phản xạ này nên mắt thấy được ảnh A′.

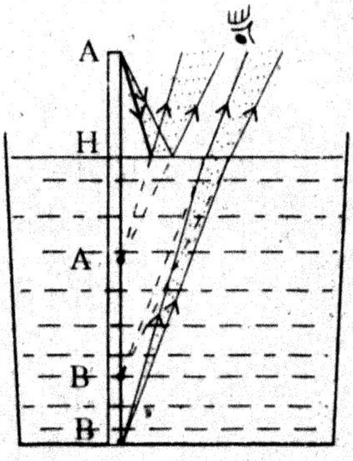
(Chú ý rằng một phần của tia tới từ A đi vào nước).

– Chùm sáng hẹp phát ra từ đầu B chiếu lên mặt nước theo phương gần vuông góc với mặt nước sẽ có 1 phần ló ra không khí cũng theo phương gần vuông góc với mặt nước và tạo ảnh B′ được xác định bởi :

$$\frac{HB'}{1} = \frac{HB}{\frac{4}{3}} \quad \text{(công thức lưỡng chất phẳng)}$$

$$\Rightarrow \quad HB' = \frac{3}{4}HB \qquad (2)$$

Chùm ló này sẽ đi vào mắt thấy được ảnh này (và còn một phần của tia tới từ B bị phản xạ trở lại nước).



Hình 82

2. *Chiều sâu lớp nước :*

Có : $HB' - HA' = A'B'$

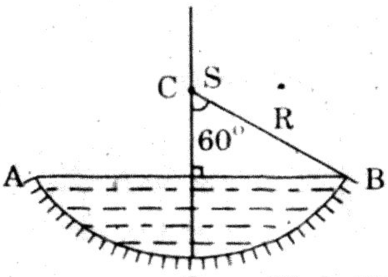
Với HB' và HA' đã có ở (1) và (2) ta được : $\frac{3}{4}HB - HA = A'B'$.

thay $\begin{cases} HA = AB - HB = 33 - HB \ (cm) \\ A'B' = 2 \ cm \end{cases}$ ta được : $\frac{3}{4}HB - (33 - HB) = 2$

$$\frac{7}{4}HB - 33 = 2 \quad \Rightarrow \quad HB = \frac{35 \times 4}{7} = 20 \ (cm)$$

Vậy : Chiều sâu lớp nước là 20 (cm).

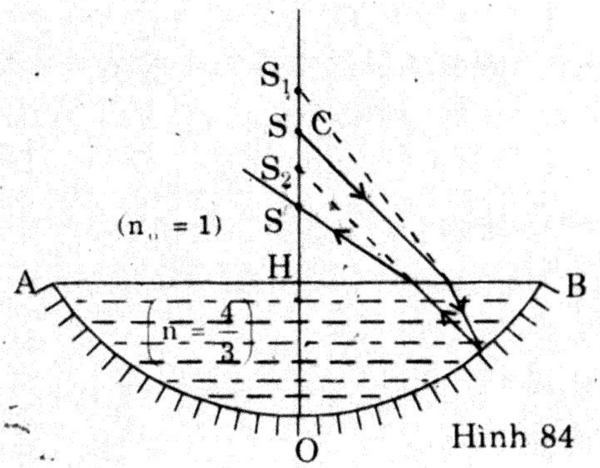
Bài tập 4. Một gương cầu lõm bán kính R = 32cm, trục chính thẳng đứng, bề lõm hướng lên, $\widehat{OCB} = 60^\circ$, chứa đầy nước (chiết suất $n = \frac{4}{3}$) (Hình 83).



Hình 83

Điểm sáng S đặt tại tâm gương. Xác định vị trí và tính chất ảnh của S qua gương chứa nước nói trên.

Giải



Hình 84

– Chùm sáng phát ra từ nguồn sáng S chiếu đến mặt nước AB, sau khi bị khúc xạ tại mặt nước. Chúng tạo ảnh S_1 nằm trên trục chính, đó là một ảnh ảo, nằm trên mặt nước và cách mặt nước khoảng HS_1 cho bởi :

$$\frac{HS_1}{\frac{4}{3}} = \frac{HS}{1}$$

(Công thức lưỡng chất phẳng)

$$\Rightarrow \quad HS_1 = \frac{4}{3}HS$$

Để tính HS ta xét tam giác vuông HBS có $\widehat{HSB} = 60^\circ$ nên đó là nửa tam giác đều, do đó :

$$HS = \frac{1}{2}SB = \frac{R}{2} = 16\ (\text{cm})$$

Vậy : $$HS_1 = \frac{4}{3} \times 16 = \frac{64}{3}\ (\text{cm}).$$

– Chùm sáng sau khi đi vào nước đến gặp gương cầu và phản xạ. S_1 bây giờ coi như vật thật của gương cầu có ảnh là S_2 nằm trên trục chính được xác định bởi :

$$d' = \overline{OS_2} = \frac{d.f}{d - f}$$

Với $$\begin{cases} d = OS_1 = OH + HS_1 = 16 + \dfrac{64}{3} = \dfrac{112}{3}\ (\text{cm}) \\ f = \dfrac{R}{2} = 16\ (\text{cm}) \end{cases}$$

$$d' = \frac{\frac{112}{3} \times 16}{\frac{112}{3} - 16} = \frac{112 \times 16}{64} = 28\ (\text{cm})$$

Vậy S_2 nằm phía trên mặt nước và cách mặt nước :

$$HS_2 = OS_2 - OH = 28 - 16 = 12\ (cm).$$

– Chùm sáng phản xạ trên gương đến gặp mặt nước và bị khúc xạ tạo ảnh S'. S' là ảnh của vật ảo S_2 qua lưỡng chất phẳng (nước – không khí) được xác định bởi :

$$\frac{HS'}{1} = \frac{HS_2}{\frac{4}{3}} \quad \Rightarrow \quad HS' = \frac{3}{4}HS_2 = \frac{3}{4} \times 12 = 9\ (cm)$$

Vậy : S' là ảnh thật nằm trên trục chính và cách mặt nước 9cm.

Bài tập 5. Một tia sáng đơn sắc chiếu đến bản thủy tinh dưới góc tới 45°. Khoảng cách giữa tia tới và tia ló (gọi là độ dời ngang) là $d = 1{,}22\sqrt{6}$ (cm). Chiết suất thủy tinh đối với bức xạ đơn sắc trên là $n = \sqrt{2}$.

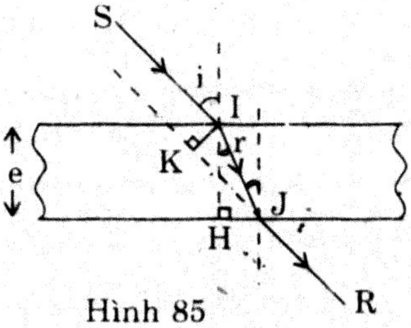
1. Tính bề dày e của bản. Lấy $\sin 15^\circ \approx 0{,}183\sqrt{2}$.

2. Với góc tới là 6° thì độ dời ngang của tia sáng là bao nhiêu? Biết với góc bé thì : $\sin\alpha \approx \alpha$ (Rad) và $\cos\alpha \approx 1$.

Giải

1. *Bề dày e của bản :*

ΔIHJ cho : $$IJ = \frac{IH}{\cos r} = \frac{e}{\cos r}$$



Hình 85

Từ I kẻ đường góc vuông IK xuống tia ló JR (kéo dài) thì $IK = d$ chính là độ dời ngang.

ΔIKJ cho : $$\sin\widehat{IJK} = \frac{IK}{IJ}$$

$$\Rightarrow \quad IK = IJ.\sin\widehat{IJK}$$

$$d = \frac{e}{\cos r}.\sin(i - r) \quad (*) \quad \Rightarrow \quad e = d.\frac{\cos r}{\sin(i - r)}$$

$$\text{Với :} \begin{cases} + \; d = 1{,}22\sqrt{6}\ (cm) \\ + \; \sin r = \dfrac{\sin i}{n} = \dfrac{\sin 45^\circ}{\sqrt{2}} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow r = 30^\circ \\ + \; \sin(i - r) = \sin(45 - 30) = \sin 15^\circ \approx 0{,}183\sqrt{2} \\ + \; \cos r = \cos 30^\circ = \dfrac{\sqrt{3}}{2} \end{cases}$$

$$e = 1{,}22\sqrt{6}\,\frac{\sqrt{3}/2}{0{,}183\sqrt{2}} = 10\ (cm)$$

Vậy bản thủy tinh dày 10cm.

2. *Độ dời ngang với góc tới bé :*

Với góc tới i bé thì r cũng bé, ta được : $i \approx nr \Rightarrow r \approx \frac{i}{n}$

$$\sin(i - r) \approx i - r = i - \frac{i}{n} = i\left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

$$\cos r \approx 1$$

Thay vào công thức (*) ta được : $d = \frac{e}{1} \times i\left(1 - \frac{1}{n}\right)$ (i bằng rad)

Với : $i = 6^0 = \frac{6\pi}{180}$ (Rad) ≈ 0,105 (Rad)

nên ; $d = 10 \times 0{,}105\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \approx 0{,}307$ (cm)

Vậy độ dời ngang của tia sáng khi góc tới 6^0 là 0,307 (cm).

Bài tập 6. Quan sát một điểm sáng A qua một tấm kính trong suốt theo phương vuông góc với mặt tấm kính. Tấm kính có chiều dày là e và chiết suất n.

Chứng minh rằng ảnh của A là một ảnh ảo, bị dịch chuyển lại gần mắt một khoảng $a = e\left(1 - \frac{1}{n}\right)$.

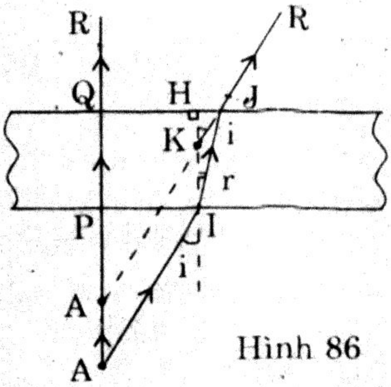
Áp dụng bằng số : e = 6 mm; n = 1,5.

Giải

* Để xét ảnh A' của A ta xét một chùm tia hẹp chiếu đến bản, trong đó:

– Có 1 tia AP vuông góc với bản, tia này không bị khúc xạ khi đi qua bản và cho tia ló QR', vẫn vuông góc với bản.

– Có 1 tia AI đến bản dưới góc tới i rất nhỏ, tia này bị khúc xạ khi đi qua bản và tia ló JR // AI.



Hình 86

Như vậy 2 tia ló phát ra từ A là QR' và JR lệch xa nhau (phân kì) nên chúng chỉ gặp nhau tại A' trên đường kéo dài của chúng. A' chính là ảnh ảo của A.

Mặt khác A' nằm gần mắt hơn A một khoảng AA'. Ta đi tính AA'.

* Từ I ta kẻ đường pháp tuyến, đường này cắt đường kéo dài JR tại K và mặt bên kia của bản là H.

Do AA' // IK và AI // $A'K$ nên $AIKA'$ là hình bình hành, do đó :

$$AA' = IK = IH - KH = e - KH \qquad (1)$$

Δ IHJ cho : $\quad \operatorname{tg} r \approx r = \dfrac{HJ}{IH}$ (góc bé)

Δ KHJ cho : $\quad \operatorname{tg} i \approx i = \dfrac{HJ}{KH}$

Lập tỉ số : $\quad \dfrac{r}{i} = \dfrac{KH}{IH} = \dfrac{KH}{e} \qquad (2)$

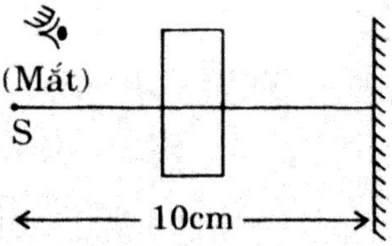
Định luật khúc xạ (góc bé) : $i = n.r \quad \Rightarrow \quad \dfrac{r}{i} = \dfrac{1}{n} \qquad (3)$

(2) và (3) cho : $\dfrac{KH}{e} = \dfrac{1}{n} \quad \Rightarrow \quad KH = \dfrac{e}{n}$ và thế vào (1) ta được :

$$AA' = e - \frac{e}{n} = e\left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

Vậy : A' là ảnh ảo, nằm gần mắt hơn A một khoảng $AA' = e\left(1 - \dfrac{1}{n}\right)$.

Bài tập 7. Một điểm sáng S đặt trước gương phẳng 10cm cho ảnh S'. Nếu giữa S và gương ta đặt bản song song bề dày e = 6cm chiết suất n = 1,5 và mắt đặt cùng phía với S đối với bản song song như hình vẽ thì thấy ảnh dịch chuyển đi bao nhiêu và theo chiều nào ?



Hình 87

Giải

Sơ đồ tạo ảnh của S qua hệ bản mặt song song và gương :

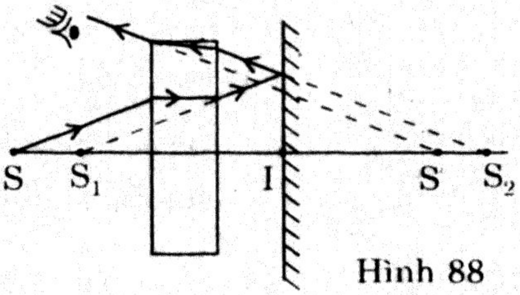
$$S \xrightarrow{\text{Bản}} S_1 \xrightarrow{\text{Gương}} S_2 \xrightarrow{\text{Bản}} S''$$

- S là vật thật của bản song song cho ảnh ảo S_1 gần bản song song hơn với :

$$SS_1 = e\left(1 - \frac{1}{n}\right) = 6\left(1 - \frac{1}{1,5}\right) = 2 \text{ (cm)}$$

- S_1 đứng trước gương phẳng nên là vật thật của gương phẳng và cho ảnh ảo S_2 nằm đối xứng với S_1 qua gương với :

$$IS_2 = IS_1 = IS - SS_1$$
$$= 10 - 2 = 8 \text{ (cm)}$$



Hình 88

- Chùm tia phản xạ trên gương (tựa như phát ra tại S_2) đến gặp bản song song nên S_2 là vật thật của bản và cho ảnh ảo S'' dịch về gần bản song song hơn với :

$$S_2S'' = e\left(1 - \frac{1}{n}\right) = 2\ (\text{cm})$$

Chùm tia ló ra khỏi bản song song sẽ đi vào mắt nên mắt thấy ảnh ảo S'' này. Ảnh S'' nằm sau gương và cách gương :

$$IS'' = IS_2 - S_2S'' = 8 - 2 = 6\ (\text{cm})$$

Còn trước khi đặt bản song song thì mắt thấy ảnh ảo S' của S qua gương. Ảnh này nằm sau gương và cách gương :

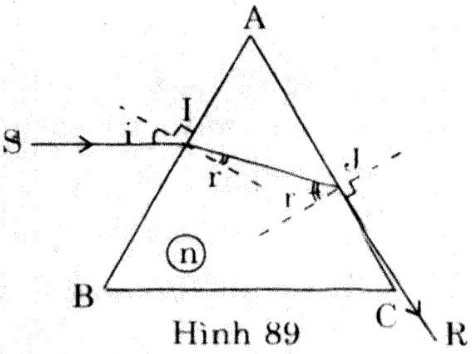
$$IS' = IS = 10\ (\text{cm})$$

Vậy sau khi đặt bản song song thì ảnh đã dịch đi từ S' đến S'' về gần gương với :

$$S'S'' = IS' - IS'' = 10 - 6 = 4\ (\text{cm}).$$

Bài tập 8. Một lăng kính có tiết diện vuông góc là một tam giác đều ABC. Tia sáng đơn sắc SI chiếu tới cạnh AB song song với cạnh đáy BC thì tia ló ra khỏi lăng kính lướt sát trên cạnh bên AC. Tính chiết suất lăng kính

Giải



Hình 89

- Vì SI // BC nên :

$$\widehat{SIB} = \widehat{ABC} = 60^\circ$$

$$\Rightarrow \quad i = 90^\circ - \widehat{SIB} = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

- Công thức định luật khúc xạ tại I :

$$\sin i = n.\sin r$$

$$\Rightarrow \quad \sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 30^\circ}{n} = \frac{1}{2n}$$

- Và tại J : $n.\sin r' = \sin 90^\circ = 1 \quad \rightarrow \quad \sin r' = \frac{1}{n}$

Vì : $\sin^2 r' + \cos^2 r' = 1$

$$\Rightarrow \quad \cos r' = \sqrt{1 - \sin^2 r'} = \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} = \frac{\sqrt{n^2 - 1}}{n}$$

Có : $r + r' = A = 60^\circ$ hay $r = 60 - r'$

$$\Rightarrow \quad \sin r = \sin(60 - r')$$

$$\sin r = \sin 60.\cos r' - \sin r'.\cos 60$$

$$\frac{1}{2n} = \frac{\sqrt{3}}{2}.\frac{\sqrt{n^2 - 1}}{n} - \frac{1}{n}.\frac{1}{2}$$

$$1 = \sqrt{3(n^2 - 1)} - 1 \quad \Rightarrow \quad \sqrt{3(n^2 - 1)} = 2$$

$$3(n^2 - 1) = 4 \quad \Rightarrow \quad n = \sqrt{\frac{7}{3}} \approx 1{,}528$$

Vậy chiết suất lăng kính là $n \approx 1{,}528$.

Bài tập 9.

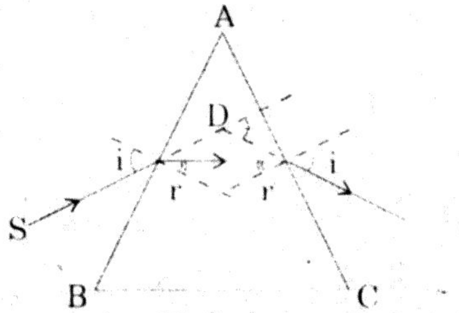
1. Chứng minh rằng khi góc lệch đạt cực tiểu (D_{min}) th

$$\sin\frac{A + D_{min}}{2} = n\sin\frac{A}{2} \qquad (1)$$

trong đó A là góc chiết quang, n là chiết suất lăng kính.

2. Một lăng kính có góc chiết quang $A = 45^{\circ}$. Tia sáng đơn sắc SI chiếu đến mặt bên AB (nằm trong một tiết diện vuông góc của lăng kính). Tia sáng ló ra khỏi lăng kính hợp với tia tới góc lệch cực tiểu $D_{min} = 15^{\circ}$. Tính chiết suất n của lăng kính.

Giải



Hình 90

1. *Chứng minh công thức (1) :*

Áp dụng công thức định luật khúc xạ tại I :

$$\sin i = n\sin r \qquad (2)$$

Độ lệch $\quad D = i + i' - A$

Khi $D = D_{min}$ thì $i = i'$ nên :

$$D_{min} = 2i - A \quad \Rightarrow \quad i = \frac{A + D_{min}}{2}$$

Và lúc đó : $\quad r = r' = \dfrac{A}{2} \quad$ (vì $r + r = A$)

Thay giá trị i và r vừa có vào (2) : $\quad \sin\dfrac{A + D_{min}}{2} = n\sin\dfrac{A}{2}$

Đó là điều phải chứng minh.

2. *Chiết suất n :*

Thay $A = 45^{\circ}$ và $D_{min} = 15^{\circ}$ vào (1) : $\quad \sin\dfrac{45^{\circ} + 15^{\circ}}{2} = n\sin\dfrac{45^{\circ}}{2}$

$$\sin 30^{\circ} = n\sin 22{,}5^{\circ}$$

$$\Rightarrow \quad n = \frac{\sin 30^{\circ}}{\sin 22{,}5^{\circ}} \qquad (3)$$

Có thể tính $\sin 22{,}5^{\circ}$ từ bảng số, từ máy tính hay từ công thức :

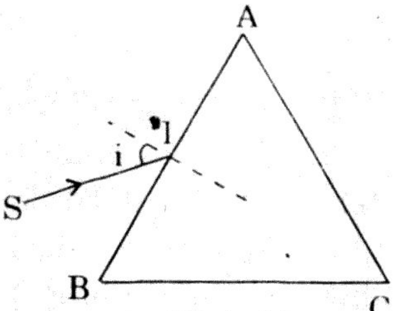
$$\cos 2x = 1 - 2\sin^2 x \quad \rightarrow \quad \sin x = \sqrt{\frac{1 - \cos 2x}{2}} \quad \text{với } x = 22{,}5^{\circ}$$

ta được : $\sin 22{,}5^\circ = \sqrt{\dfrac{1 - \cos 45^\circ}{2}} = \sqrt{\dfrac{1 - \dfrac{\sqrt{2}}{2}}{2}} = \sqrt{\dfrac{2 - \sqrt{2}}{4}} \approx 0{,}3828$

(3) cho : $n = \dfrac{\dfrac{1}{2}}{0{,}3828} \approx 1{,}306.$

Bài tập 10. Cho lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác đều ABC, đáy BC và góc chiết quang A.

Tia tới đơn sắc SI nằm trong tiết diện ABC chiếu từ phía đáy lên gặp mặt AB tại I như hình vẽ.

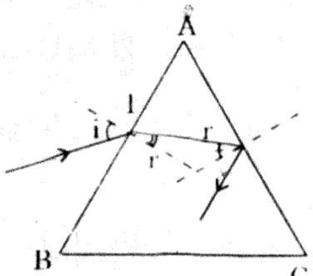


Hình 91

Góc tới i thỏa điều kiện nào để tia sáng không ló ra khỏi mặt AC, biết chiết suất lăng kính đối với tia đơn sắc nói trên là $n = \sqrt{2}$.

Giải

Để tia sáng không ló ra khỏi mặt AC thì góc tới r' tại mặt AC phải thỏa : $r' \geq i_{gh}$



Hình 92

Với $\sin i_{gh} = \dfrac{1}{n} = \dfrac{1}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad i_{gh} = 45^\circ$

Và $r' = A - r = 60^\circ - r$ nên : $60^\circ - r \geq 45^\circ$

$r \leq 15^\circ$

Định luật khúc xạ tại I cho :

$\sin i = n \sin r$

$\sin r = \dfrac{\sin i}{n} \leq \sin 15^\circ$

$\Rightarrow \quad \sin i \leq n.\sin 15^\circ = \sqrt{2}.\sin 15^\circ.$

Có thể tính sin 15° từ bảng số, từ máy tính hay áp dụng :

$$\sin 15^\circ = \sin(45^\circ - 30^\circ) = \sin 45^\circ.\cos 30^\circ - \sin 30.\cos 45^\circ$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2}\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\right) \approx 0{,}2588$$

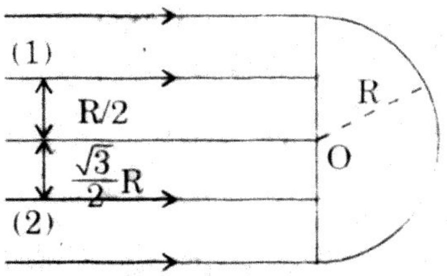
do đó : $\sin i \leq \sqrt{2} \times 0{,}2588 \approx 0{,}366$

$i \leq 21^\circ 30'$

Vậy góc tới i phải không quá $21^\circ 30'$.

ĐỀ THI

2.1. Cho một khối thủy tinh hình bán cầu có tâm O, bán kính R, chiết suất của thủy tinh là $n = 1,414$. Chiếu một chùm tia sáng song song, rộng vào toàn bộ mặt phẳng của hình bán cầu, theo phương vuông góc với mặt phẳng đó.



Hình 93

1. Tính góc giới hạn phản xạ toàn phần đối với một tia sáng từ thủy tinh ra không khí.

2. Vẽ đường đi của tia sáng (1), cách tia đi qua O một đoạn $\frac{R}{2}$ và tính góc lệch của tia này khi đi ra khỏi khối thủy tinh.

3. Vẽ đường đi của tia sáng (2), cách tia đi qua O một đoạn $\frac{\sqrt{3}}{2}R$.

4. Xác định vùng trên mặt cầu tại đó có tia sáng ló ra.

5. Chứng minh rằng khoảng cách từ O đến giao điểm G của tia sáng không đi qua O ló ra khỏi mặt cầu với tia sáng đi qua O phụ thuộc góc tới i trên mặt cầu.

(ĐHQG HÀ NỘI – 1996)

Giải

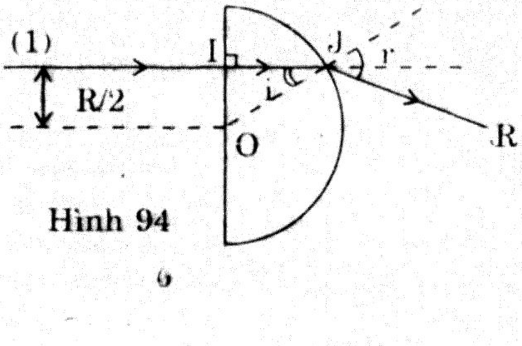
1. *Góc giới hạn phản xạ toàn phần :*

Góc giới hạn phản xạ toàn phần đối với tia sáng từ thủy tinh ra không khí là i_{gh} với :

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad i_{gh} = 45^\circ.$$

2. *Đường đi của tia (1) và góc lệch của tia ló :*

Tia (1) đến vuông góc với mặt phẳng bán cầu nên đi thẳng vào bán cầu mà không bị lệch và đến gặp mặt cầu tại J với góc tới $i = \widehat{IJO}$ cho bởi :



Hình 94

$$\sin i = \frac{IO}{OJ} = \frac{\frac{R}{2}}{R} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \quad i = 30^\circ < i_{gh}$$

do đó tia IJ ló ra khỏi bán cầu với góc khúc xạ r cho bởi :

$$\sin r = n.\sin i = \sqrt{2}.\sin 30^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \Rightarrow \quad r = 45^\circ.$$

Góc lệch của tia ló JR chính là góc hợp bởi đường kéo dài của tia tới (tức đường IJ) với tia ló JR, đó là :

$$r - i = 45^\circ - 30^\circ = 15^\circ.$$

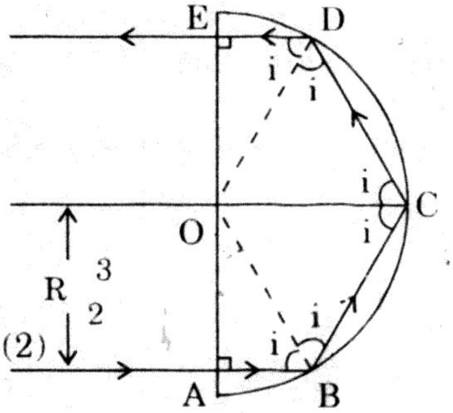
3. *Đường đi của tia sáng (2) :*

Tia (2) đi vào bán cầu gặp mặt cầu tại B với góc tới $i = \widehat{ABO}$ cho bởi :

$$\sin i = \frac{OA}{OB} = \frac{\frac{R\sqrt{3}}{2}}{R} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$i = 60^\circ > i_{gh}$$

do đó có phản xạ toàn phần tại B.



Hình 95

Tia phản xạ đến gặp bán cầu tiếp theo tại C cũng dưới góc tới i nên tiếp tục bị phản xạ toàn phần.

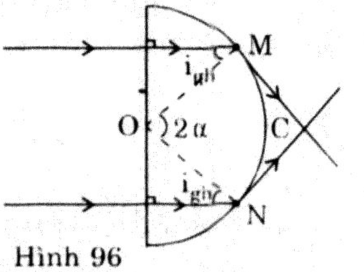
Chú ý rằng góc $\widehat{AOC} = \widehat{AOB} + \widehat{BOC}$

$$= 30^\circ + 60^\circ = 90^\circ$$

nên : $OC \perp OA$

Tia sáng phản xạ tại C đến gặp mặt cầu tại D cũng với góc tới $i = 60^\circ$ nên tiếp tục bị phản xạ toàn phần đến gặp mặt phẳng tại E và vuông góc với mặt này nên đi thẳng ra không khí.

4. *Vùng trên bán cầu có tia sáng ló ra :*



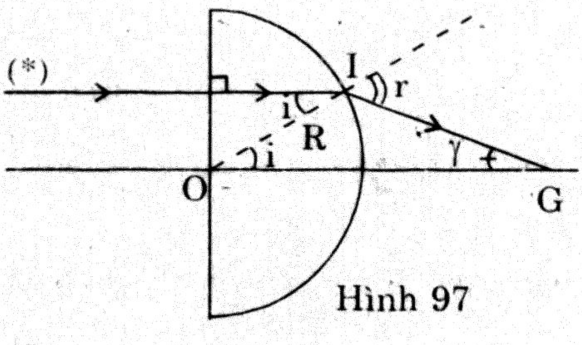
Hình 96

Vị trí các điểm trên mặt cầu có tia sáng ló ra khi góc tới i tại các vị trí ấy thỏa : $i \le i_{gh} = 45^\circ$

(Dấu "=" ứng với tia ló tiếp tuyến với mặt cầu tức ló ra).

Tất cả các điểm trên nằm trên một chỏm cầu có đỉnh C của bán cầu và góc mở $2\alpha = 2i_{gh} = 90^\circ$.

5. *Khoảng cách OG phụ thuộc vào góc tới i :*



Hình 97

Tam giác OIG cho : $\dfrac{OG}{\sin \widehat{OIG}} = \dfrac{OI}{\sin \widehat{OGI}}$ (*)

Với :

- $OI = R$
- $\sin\widehat{OIG} = \sin r$ (2 góc bù nhau)
  $= n\sin i$
- $\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r} = \sqrt{1 - n^2\sin^2 i}$
- $\sin\widehat{OGI} = \sin\gamma = \sin(r - i)$ [vì $r = i + \gamma$]
  $= \sin r.\cos i - \sin i.\cos r$
  $= n\sin i.\sqrt{1 - \sin^2 i} - \sin i.\sqrt{1 - n^2\sin^2 i}$

Thay tất cả vào biểu thức (*), ta được :

$$\frac{OG}{n\sin i} = \frac{R}{n\sin i\sqrt{1 - \sin^2 i} - \sin i\sqrt{1 - n^2\sin^2 i}}$$

Với $i \neq 0$ nên $\sin i \neq 0$, đơn giản $\sin i$ hai vế :

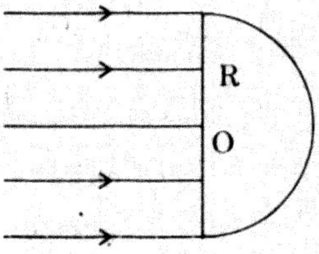
$$OG = \frac{nR}{n\sqrt{1 - \sin^2 i} - \sqrt{1 - n^2\sin^2 i}}$$

$$= nR\frac{n\sqrt{1 - \sin^2 i} + \sqrt{1 - n^2\sin^2 i}}{n^2(1 - \sin^2 i) - (1 - n^2\sin^2 i)}$$

$$= \frac{nR}{n^2 - 1}\left[n\sqrt{1 - \sin^2 i} + \sqrt{1 - n^2\sin^2 i}\right]$$

Biểu thức này ta thấy : OG phụ thuộc vào góc tới i tức các tia ló không hội tụ tại một điểm.

2.2. Cho một khối chất trong suốt hình bán trụ có tiết diện thẳng là một nửa hình tròn tâm O, bán kính R. Chiết suất khối đó là $n = \left(\frac{4}{3}\right)\sqrt{2}$. Khối chất đó được ngâm trong nước có chiết suất $n' = \frac{4}{3}$.



Hình 98

Chiếu một chùm sáng song song đơn sắc vào mặt phẳng bên của khối chất theo phương vuông góc với mặt đó và phủ kín mặt đó (xem hình vẽ 98).

a) Xác định vùng trên mặt trụ có tia sáng ló ra.

b) Có hiện tượng gì xảy ra trên phần còn lại của mặt trụ.

c) Chứng minh rằng chùm sáng ló ra không hội tụ về một điểm mà về một dải nằm trong mặt phẳng vuông góc tiết diện thẳng.

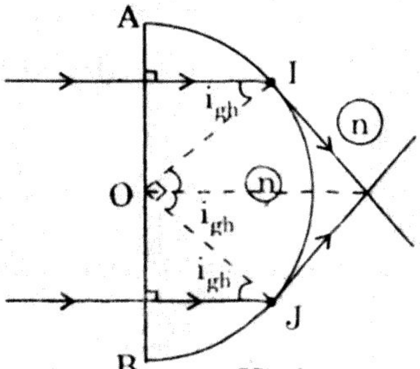
(ĐH MỎ ĐỊA CHẤT – 96)

Giải

a) *Vùng trên mặt trụ có tia sáng ló ra :*

Để tia sáng ló ra khỏi mặt trụ thì góc tới i thỏa : $i \le i_{gh}$

Với $$\sin i_{gh} = \frac{n'}{n} = \frac{\frac{4}{3}}{\left(\frac{4}{3}\right)\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$



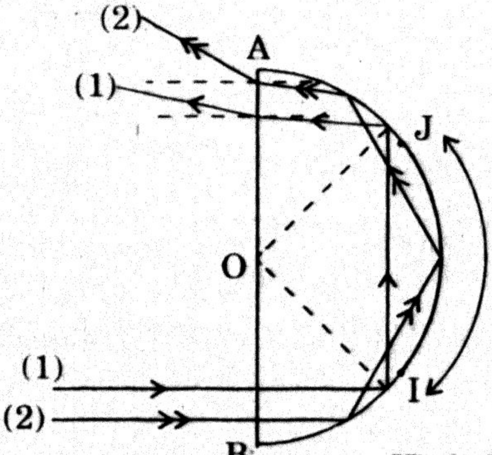
Hình 99

$\Rightarrow \quad i_{gh} = 45^o$

Vậy : $\quad i \le 45^o \quad \Rightarrow \quad \widehat{IOJ} \le 2i = 90^o$

Vậy trên tiết diện thẳng của khối bán trụ thì vùng có tia sáng ló ra là cung $\overset{\frown}{IJ}$ với $\widehat{IOJ} = 90^o$, và IJ song song với đường kính AB của tiết diện ấy.

b) *Hiện tượng xảy ra trên phần còn lại của mặt trụ :*



$\overset{\frown}{IJ}$ là vùng có ánh sáng ló ra

Hình 100

Trên phần còn lại của mặt trụ (đó là $\overset{\frown}{AI}$ và $\overset{\frown}{BJ}$ trên tiết diện thẳng) các tia tới có góc lớn hơn i_{gh} nên chúng bị phản xạ toàn phần. Sau 3 lần phản xạ trên mặt trụ thì chúng ló ra ở mặt phẳng. Nhưng vì các góc tới mặt trụ khác nhau ở các vị trí khác nhau nên các tia phản xạ sẽ không song song nhau, do đó chúng ló ra cũng không song song và vuông góc với mặt phẳng nữa.

c) *Chùm sáng ló ra tạo thành một dải :*

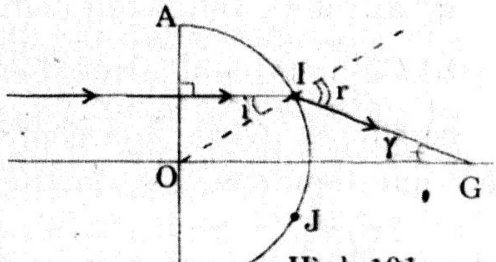
Cũng tương tự như bài 2.1 ta đã tính được :

$$OG = \frac{n_o R}{n_o^2 - 1}\left[n_o\sqrt{1 - \sin^2 i} + \sqrt{1 - n_o^2 \sin^2 i}\right]$$

Với n_o là chiết suất tỉ đối của khối trụ đối với nước $= \dfrac{n}{n'} = \sqrt{2}$

Qua biểu thức của OG ta thấy chùm ló không hội tụ về một điểm (vì OG phụ thuộc i). Mặt khác góc i có điều kiện :

$$0 < i \le i_{gh}$$



Hình 101

- Với i rất nhỏ thì $\sin i \to 0$ nên :

$$OG = OG_1 = \frac{\sqrt{2}R}{(\sqrt{2})^2 - 1}\left[\sqrt{2} + 1\right] = \sqrt{2}(\sqrt{2} + 1)R \approx 3{,}4R$$

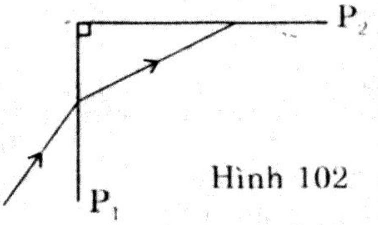
- $i = i_{gh} = 45^\circ$ thì :

$$OG = OG_2 = \frac{\sqrt{2}.R}{2 - 1}\left[\sqrt{2}\sqrt{1 - \frac{1}{2}} + \sqrt{1 - 2\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2}\right] = \sqrt{2}R$$

Vậy : các tia ló đã hội tụ và tạo thành một dải sáng G_1G_2 có chiều dài

$$G_1G_2 = 3{,}4R - \sqrt{2}R \approx 2R.$$

2.3. Cho một khối chất trong suốt giới hạn bởi hai mặt phẳng P_1 và P_2 vuông góc với nhau. Xét các tia sáng đơn sắc nằm trong mặt phẳng vuông góc với các mặt phẳng P_1 và P_2 (hình vẽ 102). Tìm chiết suất của khối chất trên để mọi tia sáng chiếu tới mặt P_1 khúc xạ đi tới mặt P_2 đều không ló được ra khỏi P_2 (môi trường ngoài là không khí).



Hình 102

(HỌC VIỆN KĨ THUẬT QUÂN SỰ – 96)

Giải

Để tia sáng không ló ra khỏi mặt P_2 thì :

$$i_2 > i_{gh}$$

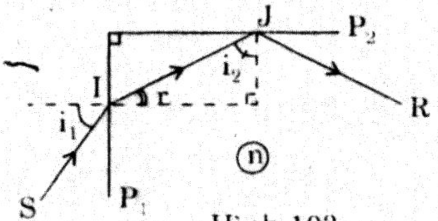
$$\sin i_2 > \sin i_{gh} = \frac{1}{n} \qquad (1)$$

Vì $\quad i_2 + r = 90^\circ$ nên :

$$\sin i_2 = \cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r}$$

$$(1) \Rightarrow \sqrt{1 - \sin^2 r} > \frac{1}{n}$$

$$1 - \sin^2 r > \frac{1}{n^2}$$



Hình 103

$$\sin^2 r < 1 - \frac{1}{n^2} = \frac{n^2 - 1}{n^2} \quad \Rightarrow \quad n^2\sin^2 r < n^2 - 1 \qquad (2)$$

Mà định luật khúc xạ tại I cho : $n \sin r = \sin i_1 \quad \Rightarrow \quad n^2\sin^2 r = \sin^2 i_1$

$$(2) \Rightarrow \quad \sin^2 i_1 < n^2 - 1 \qquad (3)$$

Với $0 \le i_1 \le \frac{\pi}{2}$ nên : $\quad \sin i_1 < 1 \quad \Rightarrow \quad \sin^2 i_1 < 1$

$$(3) \Rightarrow \quad 1 < n^2 - 1 \quad \Rightarrow \quad n^2 > 2 \quad \Rightarrow \quad n > \sqrt{2}.$$

2.4. Trên bề mặt của một khối thủy tinh có lớp nước bề dày không đổi, trên lớp nước là không khí. Một tia sáng xuất phát từ thủy tinh hướng tới mặt phân cách thủy tinh – nước. Khảo sát các hiện tượng xảy ra khi thay đổi đổi góc tới từ 0 đến $\frac{\pi}{2}$.

Cho chiết suất của nước là n_n, chiết suất của thủy tinh là n_t : $n_t > n_n > 1$.

(ĐH MỎ – ĐỊA CHẤT – 97)

Giải

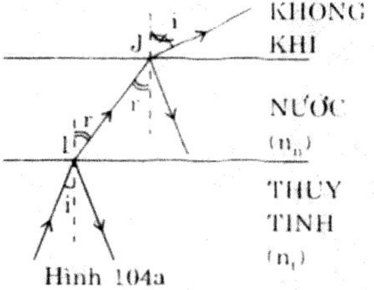
Tăng dần góc tới i ta lần lượt có các hiện tượng xảy ra như sau :

1. i nhỏ để có tia sáng lố ra không khí.

Ta có : $n_t.\sin i = n_n \sin r = \sin i' < 1$

$$\Rightarrow \quad \sin i < \frac{1}{n_t} \qquad (1)$$

Lúc này tại các điểm I và J ta đều có tia phản xạ và khúc xạ (H.104a).

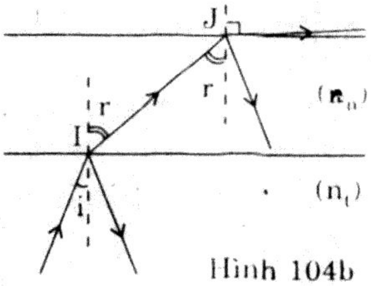


Hình 104a

2. i tăng lên sao cho $\sin i = \frac{1}{n_t}$ thì :

$$\sin i' = n_t \sin i = 1 \qquad (2)$$

$\Rightarrow i' = 90^0$: Hiện tượng phản xạ toàn phần bắt đầu xảy ra tại mặt phân cách nước – không khí. Lúc này tại I và J cũng có 2 tia khúc xạ và phản xạ nhưng tia khúc xạ tại J lướt sát trên mặt phân cách nước – không khí.

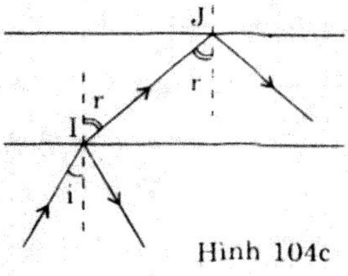


Hình 104b

3. i có giá trị sao cho : $\frac{1}{n_t} < \sin i < \frac{n_n}{n_t}$

- Với $\sin i > \frac{1}{n_t}$: góc i không thỏa mãn cả (1) và (2) nên có phản xạ toàn phần tại J.

- Với $\sin i < \frac{n_n}{n_t} = \sin i_{gh}$ (thủy tinh – nước) tức $i < i_{gh}$ (thủy tinh – nước) nên có tia khúc xạ đi vào nước tại I.

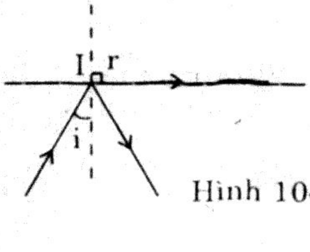


Hình 104c

Lúc này tại I có 2 tia khúc xạ và phản xạ, còn tại J chỉ có tia phản xạ toàn phần. (H.104c)

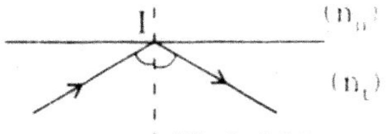
4. i có giá trị : $\frac{1}{n_t} < \sin i = \frac{n_n}{n_t} \quad \Rightarrow \quad r = 90^0$

Bắt đầu có phản xạ toàn phần tại I. Lúc này tại I có tia phản xạ và tia khúc xạ nằm sát mặt phân cách thủy tinh – nước. (H.104d)



Hình 104d

5. i có giá trị sao cho : $\sin i > \frac{n_n}{n_t}$

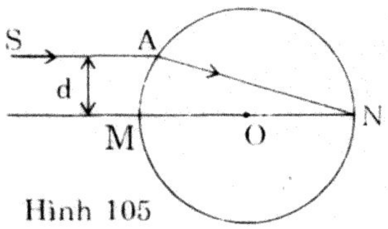


Hình 104e

tức i > i_{gh} (thủy tinh – nước) nên có phản xạ toàn phần tại I. Lúc này chỉ có tia phản xạ tại I. (H.104e)

2.5. Một quả cầu trong suốt bán kính R = 14cm, chiết suất n. Một tia sáng tới SA song song và cách đường kính MN một đoạn d = 7cm rọi vào điểm A của mặt cầu cho tia khúc xạ AN đi qua điểm N (hình vẽ). Xác định chiết suất n.

(ĐH THỦY SẢN – 98)



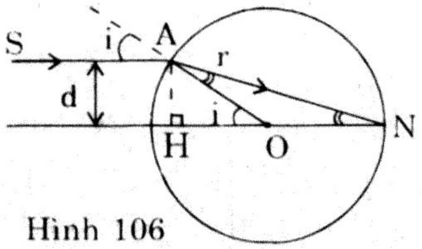
Hình 105

Giải

Từ A kẻ đường vuông góc AH xuống đường kính ON.

Tam giác vuông AOH cho :

$$\sin i = \frac{AH}{OA} = \frac{7}{14} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad i = 30^\circ$$



Hình 106

Vì tam giác OAN cân nên :

$$i = 2r \quad \Rightarrow \quad r = \frac{i}{2} = 15^\circ.$$

Định luật khúc xạ tại A cho :

$$\sin i = n \sin r \quad \Rightarrow \quad n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 15^\circ} = \frac{1}{2.\sin 15^\circ}$$

Có thể tính sin 15° từ bảng số, từ máy tính hoặc tính trực tiếp như sau

$$\sin 15^\circ = \sin(45^\circ - 30^\circ) = \sin 45^\circ.\cos 30^\circ - \sin 30^\circ.\cos 45^\circ$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2}\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\right) = \frac{\sqrt{2}}{4}(\sqrt{3} - 1) \approx 0{,}2588$$

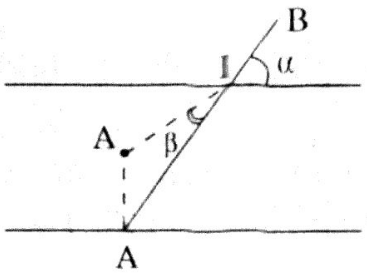
Vậy : $n = \frac{1}{2 \times 0{,}2588} \approx 1{,}93.$

2.6. Nhúng một phần thước thẳng AB vào một bể nước trong suốt có chiết suất $n = \frac{4}{3}$ sao cho thước tạo với mặt nước một góc α. Đầu A chạm đáy bể. I là giao điểm giữa mặt nước và thước (H.vẽ). Khi nhìn xuống đáy bể theo phương thẳng đứng người ta thấy điểm A được nâng lên đến vị trí A' và cách mặt nước 15cm.

1. Tính chiều cao của nước trong bể.

2. Gọi β là góc hợp bởi A'I và AI. Hãy xác định α để β đạt giá trị lớn nhất.

(ĐH XÂY DỰNG – HÀ NỘI 96)



Hình 107

Giải

1. *Chiều cao của nước trong bể :*

Mắt nhìn thấy đầu thước được nâng lên đến A' thì A' chính là ảnh của A qua lưỡng chất phẳng nước – không khí. Vị trí ảnh A' được xác định như sau :

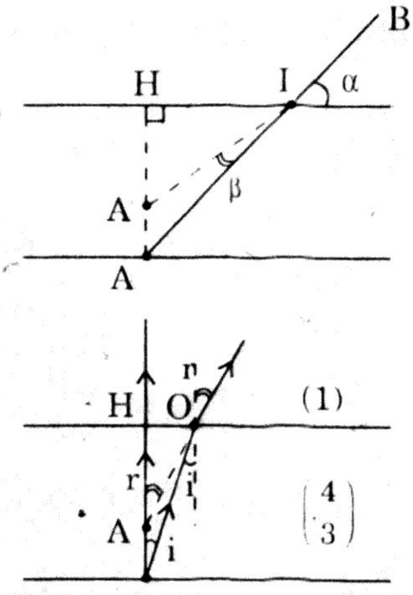
ΔHOA : $\quad tgi \approx i = \dfrac{HO}{HA}$

$\Delta HOA'$: $\quad tgr \approx r = \dfrac{HO}{HA'}$

Lập tỉ số : $\dfrac{i}{r} = \dfrac{HA'}{HA}$ (1)

Áp dụng định luật khúc xạ tại O (cho góc bé)

$\dfrac{4}{3} \times i = 1 \times r \quad \Rightarrow \quad \dfrac{i}{r} = \dfrac{3}{4}$ (2)



Hình 108

(1) và (2) cho : $\dfrac{HA'}{HA} = \dfrac{3}{4} \quad \Rightarrow \quad HA = \dfrac{4}{3}.HA' = \dfrac{4}{3}.15 = 20$ (cm)

Vậy : Chiều cao của nước trong bể là 20 (cm).

2. *Giá trị α để β có giá trị lớn nhất :*

Có : $\widehat{A'IA} = \widehat{HIA} - \widehat{HIA'}$ hay : $\beta = \alpha - \widehat{HIA'}$

$$tg\beta = tg(\alpha - \widehat{HIA'}) = \frac{tg\alpha - tg\widehat{HIA'}}{1 + tg\alpha.tg\widehat{HIA'}} \qquad (3)$$

$$\text{mà : } \begin{cases} tg\widehat{HIA'} = \dfrac{HA'}{HI} \\ tg\alpha = tg\widehat{HIA'} = \dfrac{HA}{HI} \end{cases} \Rightarrow \quad \frac{tg\widehat{HIA'}}{tg\alpha} = \frac{HA'}{HA} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow \quad tg\widehat{HIA'} = \frac{3}{4}\,tg\alpha$$ và thay vào (3) :

$$\mathrm{tg}\beta = \frac{\mathrm{tg}\alpha - \frac{3}{4}\mathrm{tg}\alpha}{1 + \mathrm{tg}\alpha.\frac{3}{4}\mathrm{tg}\alpha} = \frac{\mathrm{tg}\alpha}{4 + 3\mathrm{tg}^2\alpha}$$

Với $\alpha \neq 0$, $\mathrm{tg}\alpha \neq 0$ nên : $\mathrm{tg}\beta = \dfrac{1}{\dfrac{4}{\mathrm{tg}\alpha} + 3\mathrm{tg}\alpha}$

Để β có giá trị lớn nhất thì $\mathrm{tg}\beta$ có giá trị lớn nhất, muốn vậy mẫu số là $\left(\dfrac{4}{\mathrm{tg}\alpha} + 3\mathrm{tg}\alpha\right)$ bé nhất.

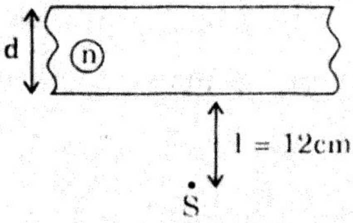
Theo hệ quả của bất đẳng thức Côsi thì tổng 2 số hạn $\dfrac{4}{\mathrm{tg}\alpha}$ và $3\mathrm{tg}\alpha$ bé nhất khi hai số đó bằng nhau :

$$\frac{4}{\mathrm{tg}\alpha} = 3\mathrm{tg}\alpha \quad \Rightarrow \quad \mathrm{tg}^2\alpha = \frac{4}{3}$$

Vì $\alpha > 0$ nên : $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{2\sqrt{3}}{3} \approx 1{,}155$

Và vì α là góc nhọn nên : $\alpha \approx 49^\circ$. Vậy β có giá trị lớn nhất khi $\alpha \approx 49^\circ$.

2.7. Một người nhìn vật ở điểm S qua một bản thủy tinh phẳng. Vật đặt cách mặt dưới bản thủy tinh một khoảng l = 12cm.



Hình 109

a) Chứng minh rằng khoảng cách a từ vật S tới điểm ảnh S' của nó tạo bởi bản thủy tinh liên hệ với chiều dài d và chiết suất n của bản là

$$a = SS' = \frac{n-1}{n}.d\,.$$

b) Tính khoảng cách từ ảnh S đến mặt trên của bản thủy tinh nếu bản có độ dày d = 4,5cm và chiết suất n = 1,5.

(ĐH NÔNG NGHIỆP – 98)

Giải

a) *Chứng minh công thức tính SS' :*

Để tìm ảnh S' của S qua bản thủy tinh ta vẽ như sau :

– Vẽ tia SA vuông góc với bản, tia này đi thẳng qua bản và ló ra ngoài (tia BR).

– Vẽ tia tới SI đến bản dưới góc tới i rất bé, sau 2 lần khúc xạ tại 2 mặt của bản nó sẽ ló ra (tia JR'). Tia tới SI và tia ló JR' song song nhau.

Ảnh S' chính là giao điểm của 2 tia ló BR và JR. Hai tia này chỉ gặp nhau trên đường kéo dài nên S' là ảnh ảo và dịch về gần bản hơn so với S. Để tính SS', từ I ta kẻ IH vuông góc với mặt trên của bản, nó cắt đường JR kéo dài tại K.

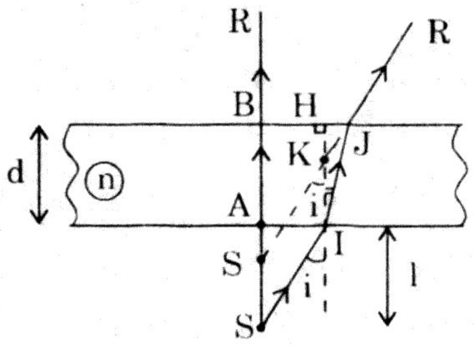
Ta có : $SS' = IK$ (vì $SS'KI$ là hình bình hành)

$= IH - HK = d - HK$

Để tính HK ta xét 2 tam giác vuông sau đây :

ΔIHJ cho : $\mathrm{tg}\widehat{HIJ} = \mathrm{tg}r \approx r = \dfrac{HJ}{HI}$

ΔKHJ cho : $\mathrm{tg}\widehat{HKJ} = \mathrm{tg}i \approx i = \dfrac{HJ}{HK}$.



Hình 110

Lập tỉ số : $\dfrac{r}{i} = \dfrac{HK}{HI}$ (1)

Theo định luật khúc xạ tại I (góc bé) :

$1 \times i = n.r \Rightarrow \dfrac{r}{i} = \dfrac{1}{n}$ (2)

(1) và (2) cho : $\dfrac{HK}{HI} = \dfrac{1}{n} \Rightarrow HK = \dfrac{HI}{n} = \dfrac{d}{n}$

Vậy : $SS' = d - \dfrac{d}{n} = \dfrac{n-1}{n}.d$

b) *Khoảng cách từ S' đến mặt trên của bản :*

Khoảng cách từ S' đến mặt trên của bản là $S'B$ với :

$$S'B = SB - SS' = (l + d) - \left(d - \frac{d}{n}\right) = l + \frac{d}{n} = 12 + \frac{4,5}{1,5} = 15 \text{ (cm)}$$

Vậy khoảng cách từ S' đến mặt trên của bản là 15 (cm).

2.8. Thí nghiệm quan sát hiện tượng tán sắc ánh sáng được mô tả như sau: ánh sáng trắng qua khe hẹp S song song với cạnh của lăng kính P. Lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác vuông cân ABC (góc chiết quang $A = 90^\circ$, AB = AC) và có chiết suất đối với ánh sáng đỏ bằng 1,6; thấu kính L_1 tạo chùm tia song song, thấu kính L_2 làm tụ các tia song song trên màn M. Chùm tia sáng song song sau thấu kính L_1 tới lăng kính là chùm tia tới từ phía đáy lăng kính đi lên.

a) Xác định góc giới hạn phản xạ toàn phần của chất làm lăng kính đối với ánh sáng đỏ.

b) Chứng minh rằng các tia sáng khúc xạ qua mặt bên AB tới ngay mặt bên AC sẽ phản xạ toàn phần trên mặt AC, còn các tia khúc xạ qua mặt bên AB tới mặt đáy, phản xạ trên mặt đáy tới mặt bên AC, sau khi khúc xạ qua mặt bên AC sẽ là các tia sáng song song với nhau.

c) Với các tia sáng trắng chiếu từ khe S như đã mô tả ở trên, chứng minh rằng trên màn M ta không quan sát thấy hiện tượng tán sắc ánh sáng. Coi tiêu cự của các thấu kính L_1, L_2 không phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng chiếu tới.

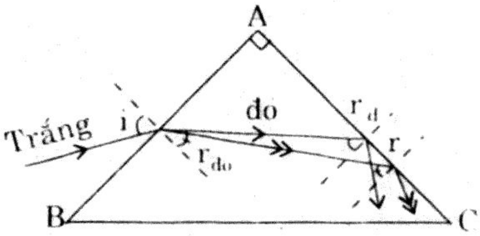
Giải

a) *Góc giới hạn phản xạ toàn phần đối với tia đỏ :*

$$\sin i_{gh(đỏ)} = \frac{1}{n_{đỏ}} = \frac{1}{1,6} = 0,625 \quad \Rightarrow \quad i_{gh(đỏ)} \approx 38^0 42'$$

b) *Xét các tia sáng đến mặt AC của lăng kính :*

* *Đối với các tia sáng từ mặt AB trực tiếp đến AC :*



Hình 111

Đầu tiên ta chứng minh rằng tia đỏ bị phản xạ toàn phần tại mặt AC, muốn vậy ta chứng minh $r'_{đỏ} \geq i_{gh(đỏ)}$

Ta có : $\sin i = n_đ.\sin r_đ$ (đ : đỏ)

Vì $i \leq 90^0$ nên $\sin i \leq 1$, vậy :

$$n_đ \sin r_đ \leq 1 \quad \Rightarrow \quad \sin r_đ \leq \frac{1}{n_đ} = \sin i_{gh(đ)} \quad \Rightarrow \quad r_đ \leq i_{gh(đ)}$$

$$\text{mà : } r_đ = A - r'_đ \leq i_{gh(đ)} \quad \Rightarrow \quad r'_đ \geq A - i_{gh(đ)} = 90^0 - 38^0 42' = 51^0 18'$$

tức : $r'_đ > i_{gh(đ)}$: vậy tia đỏ bị phản xạ toàn phần tại mặt AC (1)

Tiếp theo ta sẽ chứng minh rằng nếu tia đỏ bị phản xạ toàn phần tại mặt bên AC thì các tia thấy được còn lại (như cam, vàng, lục, lam, chàm, tím) cũng bị phản xạ toàn phần.

Gọi r' là góc tới mặt AC của tia sáng thấy được bất kì tia đỏ thì :

$$r' > r'_{đỏ} \qquad (2)$$

Vì $r = A - r'$ và $r_{đỏ} = A - r'_{đỏ}$ mà $r < r_{đỏ}$ nên : $r' > r'_{đỏ}$

Ta biết rằng đối với một môi trường nhất định (lăng kính) thì chiết suất môi trường ấy phụ thuộc vào màu ánh sáng, cụ thể là $n_{đỏ}$ bé nhất (đối với ánh sáng thấy được) : $n_{đỏ} < n$ (n là chiết suất đối với các ánh sáng khác đỏ)

$$\text{mà} \quad \sin i_{gh(đ)} = \frac{1}{n_đ} \rightarrow n_đ = \frac{1}{\sin i_{gh(đ)}}$$

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n} \rightarrow n = \frac{1}{\sin i_{gh}}$$

$$\text{nên : } \frac{1}{\sin i_{gh(đ)}} < \frac{1}{\sin i_{gh}} \Rightarrow i_{gh} < i_{gh(đ)} \qquad (3)$$

Do các bất đẳng thức (1), (2), (3) ta có : $r' > r'_d > i_{gh(d)} > i_{gh}$

tức : $r' > i_{gh}$: Vậy tất cả các tia khác tia đỏ cũng bị phản xạ toàn phần.

Tóm lại : mọi tia sáng chiếu từ mặt AB trực tiếp đến mặt AC đều bị phản xạ toàn phần.

* *Đối với các tia phản xạ từ mặt BC đến gặp AC :*

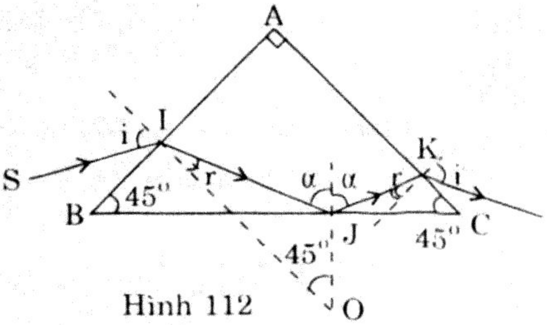
Kéo dài 2 đường pháp tuyến tại I và J cắt nhau tại O, ta có :

$$\hat{O} = \hat{B} = 45^\circ \quad \text{(góc có cạnh vuông góc)}$$

ΔIJO cho : $\alpha = 45^\circ + r \quad \Rightarrow \quad r = \alpha - 45^\circ$

Định luật khúc xạ tại I cho :

$$\sin i = n\sin r = n\sin(\alpha - 45^\circ) \qquad (1)$$



Hình 112

ΔJKC cho : $\widehat{AKJ} = \underbrace{\widehat{KJC}} + \hat{C}$

$$= 90^\circ - \alpha + 45^\circ$$

mà : $\widehat{AKJ} = 90^\circ - r'$

nên : $90^\circ - r' = 90^\circ - \alpha + 45^\circ$

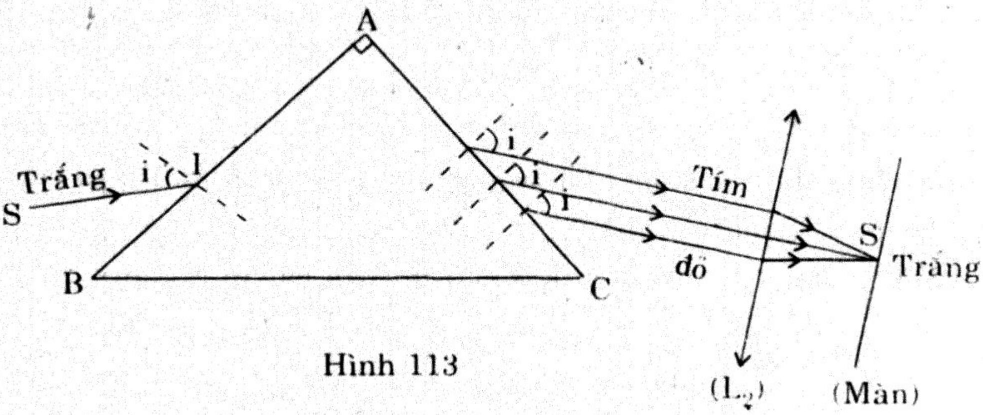
$\Rightarrow \quad r' = \alpha - 45^\circ$

Định luật khúc xạ tại J cho :

$$\sin i' = n\sin r' = n\sin(\alpha - 45^\circ) \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $i' = i$: Biểu thức này chứng tỏ tất cả các tia ló ra khỏi AC đều hợp với đường pháp tuyến cùng một góc tới i nên chúng song song với nhau.

c) *Trên màn M ta không quan sát thấy hiện tượng tán sắc :*



Hình 113

Với tia sáng trắng SI đến mặt bên AB.

Sau khi vào lăng kính phản xạ tại mặt BC sẽ gặp mặt bên AC và cho nhiều tia ló với nhiều màu khác nhau như chứng minh ở phần trên. Vì vậy khi ló ra khỏi thấu kính L_2 chúng lại hội tụ trở lại tại S', do đó S' vẫn là điểm sáng trắng tức là không quan sát thấy hiện tượng tán sắc.

Chương III

THẤU KÍNH

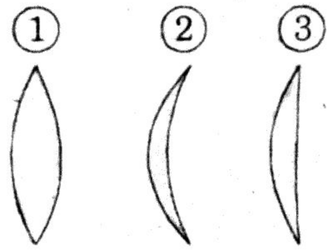
TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. ***Định nghĩa***

THẤU KÍNH là môi trường trong suốt giới hạn bởi hai mặt cong hoặc một mặt cong và một mặt phẳng (thường ta coi mặt cong là mặt cầu).

2. ***Phân loại thấu kính :*** Có hai loại thấu kính :

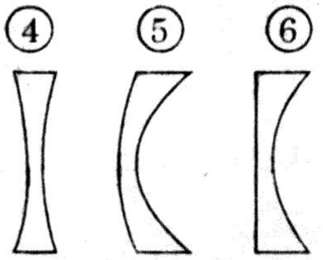
a) *Thấu kính rìa mỏng :*



① : Thấu kính hai mặt lồi
② : Thấu kính lồi - lõm
③ : Thấu kính phẳng - lồi

Hình 114

b) *Thấu kính rìa dày :*



④ : Thấu kính hai mặt lõm
⑤ : Thấu kính lồi - lõm
⑥ : Thấu kính phẳng - lõm

Hình 115

3. ***Công thức tính tiêu cự và độ tụ của thấu kính***

$$\boxed{\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

- n : Chiết suất tỉ đối của thấu kính đối với môi trường chứa thấu kính.
- R_1 và R_2 là các bán kính hai mặt cầu với qui ước dấu :

$$\begin{cases} R > 0 & \text{nếu mặt cầu lồi} \\ R < 0 & \text{nếu mặt cầu lõm} \\ R \to \infty & \text{nếu mặt phẳng} \end{cases}$$

$$\boxed{D = \frac{1}{f}} \quad \text{Với} \begin{cases} D \text{ : đơn vị là điốp} \\ f \text{ : đơn vị là mét (m)} \end{cases}$$

4. *Công thức thấu kính*

a) *Công thức về vị trí của ảnh :* $\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}}$

- d là khoảng cách từ thấu kính đến vật.

Với $\begin{cases} d > 0 : \text{Vật thật} \\ d < 0 : \text{Vật ảo} \end{cases}$

- d' là khoảng cách từ thấu kính đến ảnh.

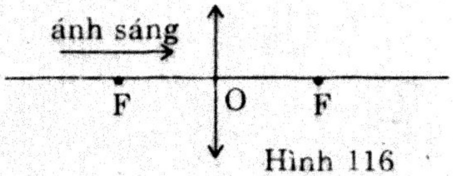
Với $\begin{cases} d' > 0 : \text{ảnh thật} \\ d' < 0 : \text{ảnh ảo} \end{cases}$

b) *Công thức về độ phóng đại của ảnh :* $\boxed{k = \frac{y'}{y} = -\frac{d'}{d}}$

Với $\begin{cases} k > 0 \text{ nếu vật và ảnh cùng chiều} \\ k < 0 \text{ nếu vật và ảnh trái chiều} \end{cases}$

5. *Tính chất ảnh (thật – ảo) phụ thuộc vào vị trí của vật*

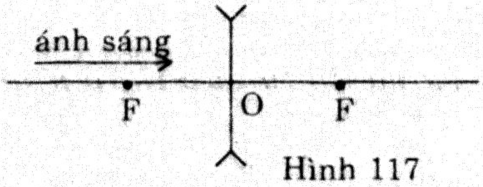
a) *Thấu kính hội tụ :*



Hình 116

- Vật thật ở ngoài khoảng OF và vật ảo đều cho ẢNH THẬT.
- Vật thật ở trong khoảng OF cho ẢNH ẢO.

b) *Thấu kính phân kì :*



Hình 117

- Vật thật và vật ảo ngoài OF đều cho ẢNH ẢO.
- Vật ảo nằm trong khoảng OF cho ẢNH THẬT.

BÀI TẬP CƠ BẢN

Dạng 1 TIÊU CỰ VÀ HÌNH DẠNG THẤU KÍNH MỎNG

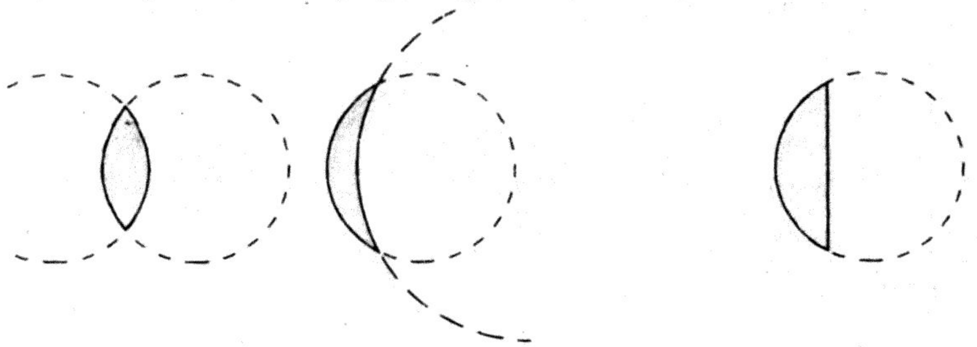
- Công thức : $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

- *Thấu kính rìa mỏng :*

– Gồm 2 mặt cầu giống nhau thì đó là 2 mặt cầu lồi.

– Gồm 2 mặt cầu có bán kính khác nhau thì có thể cả 2 mặt cầu đều lồi hoặc một mặt lồi và một mặt lõm mà bán kính mặt lõm lớn hơn.

– Gồm mặt cầu và mặt phẳng thì đó là mặt cầu lồi.



Hai mặt cầu đều lồi

Một mặt lồi và một mặt lõm với bán kính mặt lõm lớn hơn

Một mặt cầu lồi và mặt phẳng

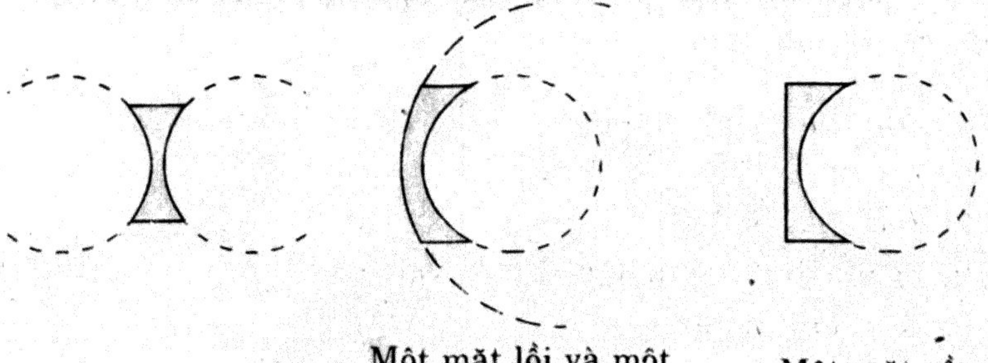
Hình 118

- *Thấu kính rìa dày :*

– Gồm 2 mặt cầu giống nhau thì đó là 2 mặt cầu lõm.

– Gồm 2 mặt cầu có bán kính khác nhau thì có thể cả 2 mặt cầu đều lõm hoặc một mặt lồi và một mặt lõm mà bán kính mặt lồi lớn hơn.

– Gồm mặt cầu và mặt phẳng thì đó là mặt cầu lõm.



Hai mặt cầu đều lõm

Một mặt lồi và một mặt lõm với bán kính mặt lồi lớn hơn

Một mặt cầu lõm và một mặt phẳng

Hình 119

Ví dụ 1 : Cho một thấu kính rìa mỏng làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$ gồm hai mặt cầu mà bán kính lần lượt là $|R_1| = 10cm$ và $|R_2| = 15cm$. Thấu kính đặt ngoài không khí. Tính tiêu cự thấu kính.

Giải

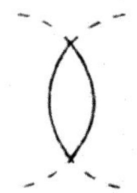
Chú ý rằng với thấu kính rìa mỏng gồm hai mặt cầu thì có thể cả hai mặt cầu đều lồi hoặc một mặt cầu lồi và một mặt lõm mà bán kính mặt lõm lớn hơn.

Tiêu cự thấu kính là f cho bởi : $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

- *Hai mặt cầu đều lồi : (H.120)*

  R_1 và R_2 đều có giá trị dương : R_1 = 10cm và R_2 = 15cm nên

  $$\frac{1}{f} = (1,5-1)\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{15}\right) \Rightarrow \boxed{f = 12\ (cm)}.$$



Hình 120

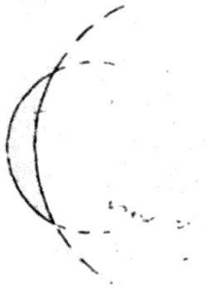
- *Một mặt lồi và một mặt lõm : (H.121)*

  Với bán kính mặt lõm lớn hơn nên :

  R_1 = +10cm và R_2 = −15cm

  $$\frac{1}{f} = (1,5-1)\left(\frac{1}{10} - \frac{1}{15}\right)$$

  $$\Rightarrow \boxed{f = 60\ (cm)}.$$



Hình 121

Ví dụ 2 : Một thấu kính phân kì có tiêu cự f = −10cm khi đặt ngoài không khí. Thấu kính này làm bằng thủy tinh chiết suất n = 1,5 gồm hai mặt cầu mà bán kính mặt này bằng hai lần mặt kia. Tính độ dày hai bán kính này.

Giải

Thấu kính phân kì đặt ngoài không khí là thấu kính rìa dày. Thấu kính này có thể gồm hai mặt đều lõm hoặc một mặt lõm và một mặt lồi mà bán kính mặt cầu lồi lớn hơn.

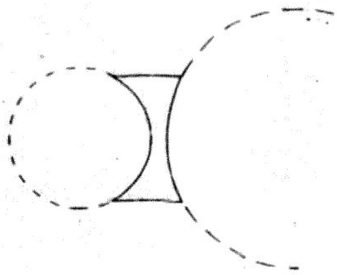
Tiêu cự f của thấu kính cho bởi : $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

- *Hai mặt đều lõm*: (h.122)

  R_1 và R_2 là số đại số cùng dấu nên ta viết :

  $R_2 = 2R_1$, do đó:

  $$-\frac{1}{10} = (1,5-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{2R_1}\right) \Rightarrow \boxed{\begin{aligned} R_1 &= -7,5\ (cm) \\ R_2 &= -15\ (cm) \end{aligned}}$$



Hình 122

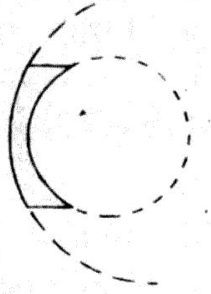
- *Một mặt cầu lồi và một mặt cầu lõm:* (H.123)

  R_1 và R_2 là hai số đại số trái dấu nên ta viết :

  $R_2 = -2R_1$, do đó :

  $$-\frac{1}{10} = (1,5-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{2R_1}\right)$$

  $$\Rightarrow \boxed{\begin{aligned} R_1 &= -2,5\ (cm) \\ \text{và } R_2 &= -2R_1 = 5\ (cm) \end{aligned}}$$



Hình 123

Ví dụ 3 : Một thấu kính phẳng – lồi làm bằng thủy tinh chiết suất $n_1 = 1,5$, bán kính mặt lồi là 10cm. Tính tiêu cự và độ tụ của thấu kính trong các trường hợp sau :

a) Thấu kính đặt ngoài không khí.

b) Thấu kính đặt trong nước chiết suất $n_2 = \dfrac{4}{3}$.

c) Thấu kính đặt trong chất lỏng chiết suất $n_2 = 1,7$.

Trong mỗi trường hợp hãy nêu tính chất thấu kính (là thấu kính hội tụ hay phân kì).

Giải

Tiêu cự f của thấu kính cho bởi : $\dfrac{1}{f} = (n-1)\left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}\right)$

Với n là chiết suất tỉ đối của thấu kính đối với môi trường chứa thấu kính.

$R_1 = 10cm$ và $R_2 = \infty$ nên : $\dfrac{1}{f} = (n-1)\left(\dfrac{1}{10} + \dfrac{1}{\infty}\right)$

$$f = \frac{10}{n-1} \qquad (*)$$

a) *Thấu kính đặt ngoài không khí :*

$$n = 1,5$$

Công thức (*) cho : $f = \dfrac{10}{1,5-1} = 20\ (cm)$

Độ tụ : $D = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{0,2\ (m)} = 5$ (điốp)

f > 0 nên đó là thấu kính hội tụ.

b) *Thấu kính đặt trong nước :*

$$n = \frac{\text{Chiết suất thủy tinh}}{\text{Chiết suất nước}} = \frac{1,5}{4/3} = 1,125$$

Công thức (*) cho : $f = \dfrac{10}{1,125-1} = 80\ (cm)$

Độ tụ : $D = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{0,8\ (m)} = 1,25$ (điốp)

f > 0 nên đó là thấu kính hội tụ.

c) *Thấu kính đặt trong chất lỏng :*

$$n = \frac{\text{Chiết suất thủy tinh}}{\text{Chiết suất chất lỏng}} = \frac{1,5}{1,7}$$

Công thức (*) cho : $$f = \frac{10}{\frac{15}{17} - 1} = -\frac{170}{2} = -85\ (\text{cm})$$

Độ tụ : $$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,85\ (\text{m})} \approx -1,18\ (\text{điốp})$$

$f < 0$ nên đó là thấu kính phân kì.

Nhận xét : Thấu kính rìa mỏng chỉ chắc chắn là thấu kính hội tụ nếu nó đặt ngoài không khí, còn khi đặt trong một môi trường khác thì có thể là thấu kính phân kì.

(Tương tự cho thấu kính rìa dày : Chắc chắn là thấu kính phân kì khi nó đặt ngoài không khí).

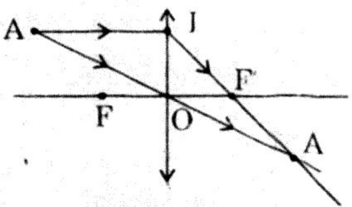
Dạng 2 BÀI TOÁN VẼ ĐỐI VỚI THẤU KÍNH

Bài toán vẽ đối với thấu kính thường dựa trên các đặc điểm sau đây :

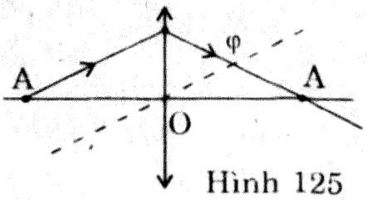
+ Điểm vật A, điểm ảnh A' và quang tâm O thẳng hàng.

+ Điểm tới I (của tia tới AI song song với trục chính), tiêu điểm ảnh F' và điểm ảnh A' thẳng hàng.

+ Điểm tới I (của tia tới AI song song với trục phụ), tiêu điểm ảnh phụ φ' và điểm A' thẳng hàng.

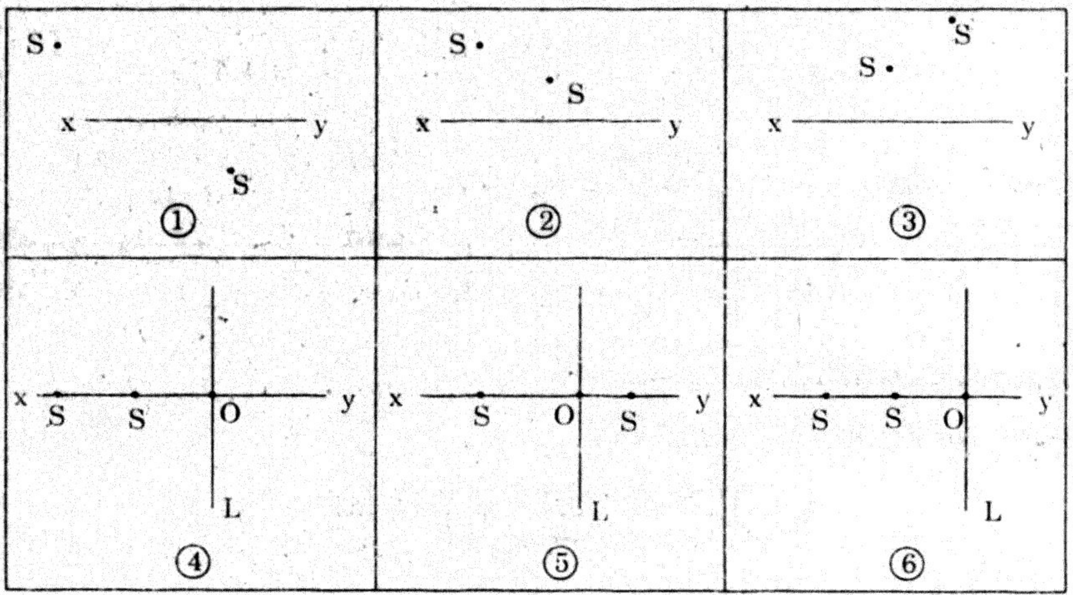


Hình 124



Hình 125

Ví dụ : Trong các hình sau đây xy là trục chính của thấu kính S là điểm sáng, S' là điểm ảnh của S. Bằng phép vẽ hãy xác định tiêu điểm chính F và F'. Sau khi vẽ xong, nêu tính chất thấu kính.



Hình 126

Giải

a) • Trong các hình ①, ②, ③ giả sử ta đã vẽ được các điểm O, F, F' thì

+ O, S, S' thẳng hàng.

+ Điểm tới I (của tia tới SI song song trục chính), F' và S' thẳng hàng.

+ F và F' đối xứng qua O.

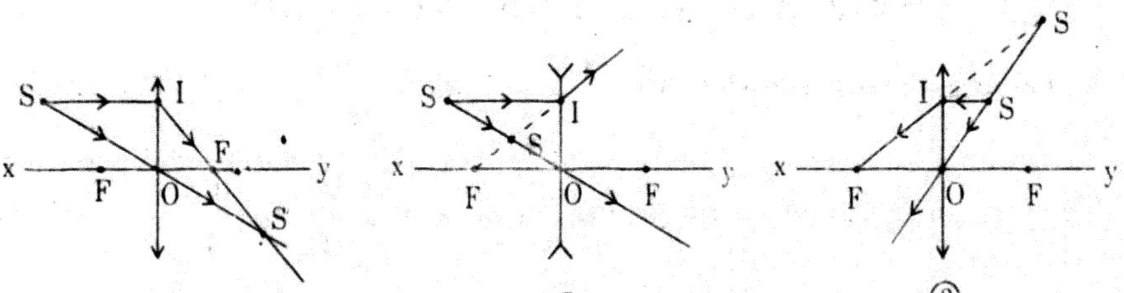
• Suy ra phép vẽ :

+ Kẻ đường SS' nó cắt xy tại O : đó là quang tâm.

+ Dựng thấu kính L qua O và vuông góc với trục chính xy.

+ Kẻ tia tới SI song song với xy. Kẻ đường IS' nó cắt xy tại F' : đó là tiêu điểm ảnh chính.

+ Lấy F đối xứng với F' qua O : đó là tiêu điểm vật chính.



① ② Hình 127 ③

• Tính chất thấu kính :

+ Hình ① và ③ L là thấu kính hội tụ vì F' là tiêu điểm ảnh thật (nằm sau thấu kính – cũng phía với điểm sáng S).

+ Hình ② L là thấu kính phân kì vì F' là tiêu điểm ảnh ảo (nằm trước thấu kính).

b) • Ta biết với tia tới SI song song với trục phụ $x'y'$ thì tia ló IR cắt trục phụ ấy tại tiêu điểm ảnh phụ φ'.

• Từ đó ta suy ra cách vẽ tìm F và F' cho các hình ④, ⑤, ⑥ như sau :

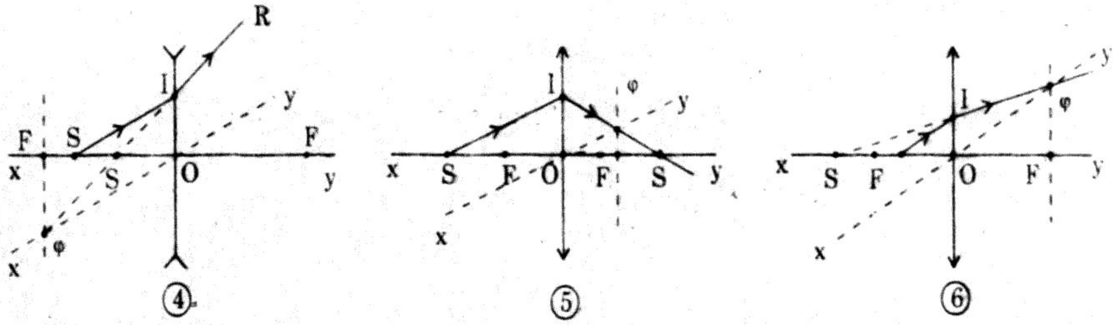
+ Vẽ tia tới SI tùy ý đến thấu kính.

+ Vẽ trục phụ $x'y'$ song song với SI.

+ Kẻ đường IS' nó cắt $x'y'$ tại φ' : đó là tiêu điểm ảnh phụ.

+ Kẻ đường vuông góc với trục chính xy qua φ', nó cắt trục chính tại F' : đó là tiêu điểm ảnh chính.

+ Lấy F đối xứng với F' qua O. F là tiêu điểm vật chính.



Hình 128

- Tính chất thấu kính :

+ Hình ④ là thấu kính phân kì vì tiêu điểm ảnh F′ là ảo (nằm trước thấu kính).

+ Hình ⑤ và ⑥ là thấu kính hội tụ vì F′ là tiêu điểm ảnh thật (nằm sau thấu kính).

Dạng 3 BIẾT TIÊU CỰ CỦA THẤU KÍNH VÀ ĐỘ CAO VẬT, ĐỘ CAO ẢNH. TÌM VỊ TRÍ VẬT VÀ ẢNH

+ Vị trí vật và ảnh liên hệ bởi : $d' = \dfrac{d.f}{d-f}$ (1)

+ Từ công thức đại số về độ phóng đại : $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\dfrac{d'}{d}$

Ta suy ra công thức về độ cao : $\dfrac{A'B'}{AB} = \left|\dfrac{d'}{d}\right|$ (2)

(1) và (2) cho : $\dfrac{A'B'}{AB} = \left|\dfrac{f}{d-f}\right|$

Ví dụ : Vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của thấu kính hội tụ tiêu cự f = 20 cm (A trên trục chính) cho ảnh A′B′ bằng nửa vật. Xác định vị trí vật và ảnh.

Giải

Vị trí vật và ảnh liên hệ bởi : $d' = \dfrac{df}{d-f} = \dfrac{20d}{d-20}$ (1)

Vì ảnh bằng nửa vật (chưa biết rõ chiều) nên : $\dfrac{A'B'}{AB} = \dfrac{1}{2}$

Với $\dfrac{A'B'}{AB} = |k| = \left|\dfrac{d'}{d}\right|$ nên : $\left|\dfrac{d'}{d}\right| = \dfrac{1}{2}$

Ta chia 2 trường hợp :

a) $\frac{d'}{d} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad d' = \frac{d}{2}$ (2)

So sánh (1) và (2) ta được : $\frac{d}{2} = \frac{20d}{d-20}$

Với $d \neq 0$ nên : $\frac{1}{2} = \frac{20}{d-20} \quad \Rightarrow \quad d = 60$ (cm)

Và (2) cho : $d' = 30$ (cm)

b) $\frac{d'}{d} = -\frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad d' = -\frac{d}{2}$ (3)

So sánh (1) và (3) ta được : $-\frac{d}{2} = \frac{20d}{d-20}$

Với $d \neq 0$ nên : $-\frac{1}{2} = \frac{20}{d-20} \quad \Rightarrow \quad d = -20$ (cm)

Ta không nhận nghiệm này vì AB là vật thật (vật sáng).

CHÚ Ý !

Bài toán có thể được giải gọn hơn nếu ta có nhận xét rằng : Đối với thấu kính hội tụ, vật thật cho ảnh nhỏ hơn vật nên đó là ảnh thật, trái chiều với vật, do đó :

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{1}{2} \text{ hay : } -\frac{d'}{d} = -\frac{1}{2} \Rightarrow \frac{d'}{d} = \frac{1}{2}$$: đây là biểu thức (2)

Dạng 4

BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN KHOẢNG CÁCH GIỮA VẬT VÀ ẢNH

Biểu thức liên hệ giữa vị trí vật và ảnh : $d' = \frac{d.f}{d-f}$

Trong mọi trường hợp, khoảng cách vật và ảnh cho bởi : $|d + d'| = l$

Ví dụ 1 : Điểm sáng A đặt trên trục chính của thấu kính hội tụ tiêu cự f = 20cm cho ảnh A' cách A 90cm. Xác định vị trí vật và ảnh. Vẽ ảnh.

Giải

Vị trí vật và ảnh liên quan bởi : $d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{20d}{d-20}$ (1)

Khoảng cách giữa vật và ảnh cho bởi : $|d + d'| = 90$ (2)

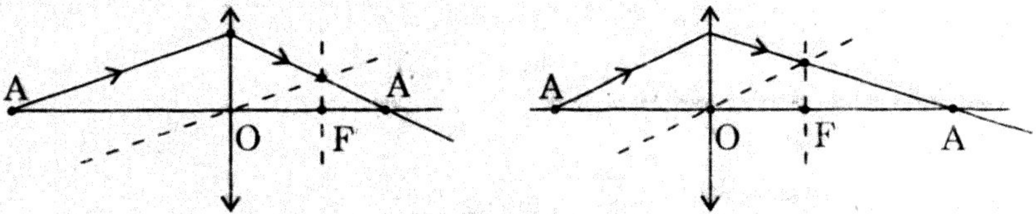
(1) và (2) cho : $\left|d + \frac{20d}{d-20}\right| = 90 \quad \Leftrightarrow \quad \left|\frac{d^2}{d-20}\right| = 90$

Chia thành 2 trường hợp:

a) $\dfrac{d^2}{d-20} = 90$

$d^2 - 90d + 1800 = 0 \quad \Rightarrow \quad d = 45 \pm 15 = \left|\begin{array}{l} 60\ (cm) \\ 30\ (cm) \end{array}\right.$

Và $d' = \dfrac{20d}{d-20} = \left|\begin{array}{l} 30\ (cm) \\ 60\ (cm) \end{array}\right.$ Vậy $\begin{cases} d = 60\ (cm) \\ d' = 30\ (cm) \end{cases}$ hoặc $\begin{cases} d = 30\ (cm) \\ d' = 60\ (cm) \end{cases}$



Hình 129

b) $\dfrac{d^2}{d-20} = -90$

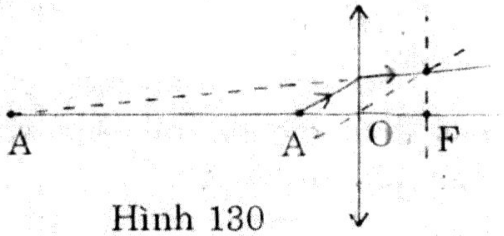
$d^2 + 90d - 1800 = 0$

$\Delta' = 45^2 + 1800 = (61{,}85)^2$

$d = -45 \pm 61{,}85$

Chỉ nhận giá trị $d = 16{,}85$ (cm).

Và $d' = \dfrac{20d}{d-20} = \dfrac{20 \times 16{,}85}{16{,}85 - 20} \approx -107$ (cm).



Hình 130

Ví dụ 2 : Điểm sáng S và màn đặt cách nhau L = 100cm. Giữa điểm sáng và màn ta di chuyển một thấu kính hội tụ tiêu cự f sao cho trục chính của thấu kính luôn luôn vuông góc với màn.

Tính tiêu cự f của thấu kính trong hai trường hợp sau đây :

a) Ta tìm được một vị trí duy nhất của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn.

b) Ta tìm được hai vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn và hai vị trí này cách nhau a = 40cm.

Giải

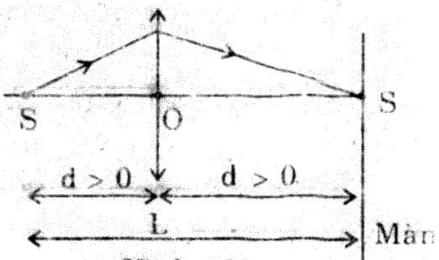
Khoảng cách giữa vật và màn :

$$d + d' = L$$

Với $d' = \dfrac{df}{d-f}$ nên : $d + \dfrac{df}{d-f} = L$

$$d^2 - Ld + Lf = 0 \qquad (1)$$

$$\Delta = L^2 - 4Lf = L(L - 4f)$$



Hình 131

a) Nếu ta tìm được một vị trí duy nhất của thấu kính tức phương trình (1) có một nghiệm nên :

$$\Delta = L(L - 4f) = 0$$

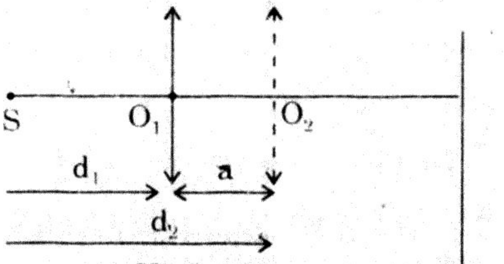
$$\text{Vì } L \neq 0 \text{ nên : } L - 4f = 0 \quad \Rightarrow \quad f = \frac{L}{4} = 25 \text{ (cm)}$$

b) Nếu ta tìm được 2 vị trí của thấu kính thì phương trình (1) có hai nghiệm riêng biệt với :

$$d_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{L - \sqrt{\Delta}}{2}$$

$$d_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{L + \sqrt{\Delta}}{2} > d_1$$

d_1 và d_2 cũng là khoảng cách từ S đến vị trí hai thấu kính. Theo đề khoảng cách 2 thấu kính này là :



Hình 132

$$d_2 - d_1 = a$$

$$\frac{L + \sqrt{\Delta}}{2} - \frac{L - \sqrt{\Delta}}{2} = a$$

$$\sqrt{\Delta} = a$$

$$\sqrt{L(L - 4f)} = a$$

$$L^2 - 4Lf = a^2 \quad \Rightarrow \quad f = \frac{L^2 - a^2}{4L} = \frac{100^2 - 40^2}{4 \times 100}$$

$$f = 21 \text{ (cm)}.$$

Dạng 5 BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN VẬT VÀ ẢNH DI CHUYỂN

- Do hệ thức : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$: không đổi nên d và d' biến thiên ngược chiều.

  Suy ra : Vật và ảnh luôn luôn di chuyển CÙNG CHIỀU.

- Gọi a và b là khoảng dịch chuyển của vật và ảnh thì vị trí sau của vật và ảnh là :

$$d_2 = d_1 \pm a$$

$$d'_2 = d'_1 \mp b$$

- Hai vị trí của vật và ảnh : $\begin{cases} \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{d_1} + \dfrac{1}{d'_1} \\ \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{d_2} + \dfrac{1}{d'_2} \end{cases}$

Ví dụ 1 : Một điểm sáng S đặt trên trục chính của thấu kính hội tụ tiêu cự f = 15cm cho ảnh rõ nét trên màn (M) đặt vuông góc với trục chính của thấu kính. Di chuyển điểm sáng S về gần thấu kính 5cm so với vị trí cũ thì màn phải dịch đi 22,5cm mới thu lại ảnh rõ nét.

a) Hỏi màn phải dịch chuyển ra xa hay về gần thấu kính ? Vì sao ?

b) Xác định vị trí điểm sáng S và màn lúc đầu.

Giải

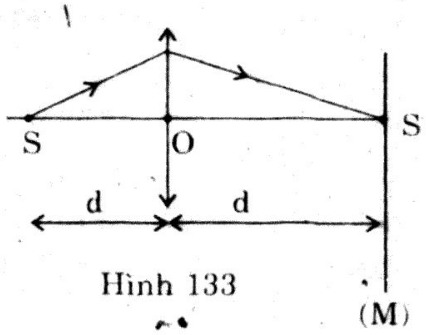
a) *Chiều dịch chuyển của màn :*

Gọi d và d$'$ là khoảng cách từ điểm sáng S đến thấu kính và từ thấu kính đến màn, ta có:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \text{ : Không đổi.}$$

(Trong đó d và d$'$ đều dương)

Khi S di chuyển về gần thấu kính tức d GIẢM thì d$'$ phải TĂNG. Vậy màn phải ra xa thấu kính.



Hình 133

b) *Vị trí S và màn lúc đầu :*

Ứng với vị trí đầu của S và màn, ta có :

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad d_1' = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{15d_1}{d_1 - 15} \qquad (1)$$

Ứng với vị trí sau của S và màn, ta có :

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad d_2' = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{15d_2}{d_2 - 15}$$

Với $\begin{cases} d_2 = d_1 - 5 & \text{(Vì S dịch về gần thấu kính 5cm)} \\ d_2' = d_1' + 22{,}5 & \text{(Vì màn dịch xa thấu kính 22,5cm)} \end{cases}$

nên : $$d_1' + 22{,}5 = \frac{15(d_1 - 5)}{(d_1 - 5) - 15} \qquad (2)$$

Lấy (2) trừ (1) ta được : $$22{,}5 = \frac{15(d_1 - 5)}{d_1 - 20} - \frac{15d_1}{d_1 - 15}$$

$$1{,}5 = \frac{d_1 - 5}{d_1 - 20} - \frac{d_1}{d_1 - 15}$$

$$1{,}5(d_1 - 20)(d_1 - 15) = (d_1 - 5)(d_1 - 15) - d_1(d_1 - 20)$$

$$1{,}5d_1^2 - 52{,}5d_1 + 450 = 75$$

$$d_1^2 - 35d_1 + 250 = 0$$

$$\Delta = 35^2 - 4 \times 250 = 225 = 15^2$$

$$d_1 = \frac{35 \pm 15}{2} = \left| \begin{array}{l} 25\ (cm) \\ 10\ (cm) \end{array} \right.$$

Để có ảnh hứng được trên màn thì $d_1 > f = 15$ (cm).

Vậy chỉ nhận : $d_1 = 25$ (cm)

Và từ (1) ta được : $d_1' = \frac{15.25}{25 - 15} = 37{,}5$ (cm).

Ví dụ 2 : Vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của thấu kính ta được ảnh $A'B'$. Di chuyển vật sáng ra xa thấu kính thêm 5cm thì ảnh dịch đi $\frac{2}{3}$ cm. Lúc này ảnh cao bằng $\frac{5}{6}$ lần ảnh trước. Cả hai trường hợp ảnh đều cùng chiều và nhỏ hơn vật. Tính tiêu cự thấu kính.

Giải

Ảnh cùng chiều với vật thật nên đó là ảnh ảo.

Ảnh ảo nhỏ hơn vật thật nên là thấu kính phân kì.

Gọi d_1 và d_1' là khoảng cách từ vật tới thấu kính và từ thấu kính đến ảnh, ta có :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} \qquad (1)$$

Độ phóng đại ảnh : $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d_1'}{d_1}$ (2)

Gọi d_2 và d_2' là khoảng cách từ vật tới thấu kính và từ thấu kính đến ảnh sau khi vật di chuyển, ta có : $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'}$

Với $d_2 = d_1 + 5$ tăng so với d_1 nên d_2' phải giảm so với d_1' tức

$$d_2' = d_1 - \frac{2}{3}$$

Vậy : $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1 + 5} + \frac{1}{d_1' - \frac{2}{3}}$ (3)

Và độ phóng đại ảnh bây giờ là :

$$\frac{\overline{A''B''}}{\overline{AB}} = -\frac{d_2'}{d_2} = -\frac{d_1' - \frac{2}{3}}{d_1 + 5} \qquad (4)$$

Hai phương trình (1) và (3) cho :

$$\frac{1}{d_1}+\frac{1}{d_1'}=\frac{1}{d_1+5}+\frac{1}{d_1'-\frac{2}{3}}$$

$$\frac{1}{d_1}-\frac{1}{d_1+5}=\frac{1}{d_1'-\frac{2}{3}}-\frac{1}{d_1'}$$

$$\frac{5}{d_1(d_1+5)}=\frac{2}{3d_1'\left(d_1'-\frac{2}{3}\right)}$$

$$5d_1'\left(d_1'-\frac{2}{3}\right)=\frac{2}{3}d_1(d_1+5) \tag{5}$$

Lập tỉ số giữa hai phương trình (2) và (4) ta được :

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A''B''}}=\frac{d_1'}{d_1}\times\frac{d_1+5}{d_1'-\frac{2}{3}}$$

Với : $\frac{\overline{A''B''}}{\overline{A'B'}}=\frac{5}{6}$ nên : $\frac{6}{5}=\frac{d_1'}{d_1}\times\frac{d_1+5}{d_1'-\frac{2}{3}}$

$$6d_1\left(d_1'-\frac{2}{3}\right)=5d_1'(d_1+5) \tag{6}$$

Lập tỉ số giữa (5) và (6) ta được : $\frac{5d_1'}{6d_1}=\frac{\frac{2}{3}d_1}{5d_1'}$

$$25d_1'^2=4d_1^2$$

Vì vật thật – ảnh ảo nên d_1 và d_1' trái dấu, do đó :

$5d_1'=-2d_1$ hay : $d_1=-2{,}5d_1'$ và thay vào phương trình (5) :

$$5d_1'\left(d_1'-\frac{2}{3}\right)=\frac{2}{3}(-2{,}5d_1')(-2{,}5d_1'+5)$$

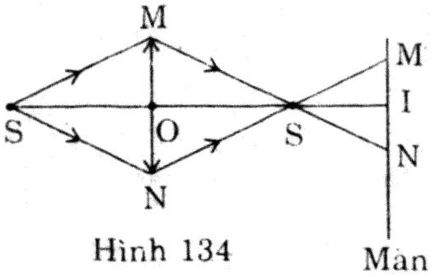
Sau khi đơn giản 2 vế cho $5d_1'$ ta tính được :

$d_1'=-6\,(\text{cm})$ và $d_1=-2{,}5(-6)=15\,(\text{cm})$

Tiêu cự thấu kính được suy từ phương trình (1) :

$$f=\frac{d_1d_1'}{d_1+d_1'}=\frac{15(-6)}{15-6}=-10\,(\text{cm}).$$

Dạng 6 SỰ TẠO THÀNH VÒNG TRÒN SÁNG TRÊN MÀN DO CHÙM SÁNG LÓ RA KHỎI THẤU KÍNH



Hình 134

– Chùm sáng phát ra từ điểm sáng S trên trục chính sau khi ló ra thấu kính sẽ chiếu sáng màn. Tùy theo tính chất chùm sáng ló mà trên màn ta sẽ nhận được một vòng tròn sáng có đường kính $M'N'$ khác nhau so với đường kính rìa MN của thấu kính.

– Có 7 trường hợp có thể xảy ra :

- $M'N' = MN$ khi :

1. Chùm sáng ló song song với trục chính. Trường hợp này đường kính vòng tròn sáng $M'N'$ vẫn không đổi khi màn dịch chuyển.

2. Hoặc chùm sáng ló hội tụ tại S' là trung điểm OI.

- $M'N' > MN$ khi :

3. Chùm sáng ló phân kì.

4. Hoặc chùm ló hội tụ tại S' gần thấu kính hơn màn.

- $M'N' < MN$ khi :

5. Chùm ló hội tụ tại S' gần màn hơn thấu kính và ở trước màn.

6. Chùm ló hội tụ sau màn.

- **7.** Chùm ló hội tụ tại S' ngay tại I trên màn.

Ví dụ : Thấu kính hội tụ tiêu cự f có đường rìa hình tròn và màn đặt cách nhau 60cm sao cho trục chính thấu kính vuông góc với màn.

Di chuyển điểm sáng S trên trục chính thấu kính (về phía không có màn) ta lần lượt tìm được hai vị trí của S lần lượt cho trên màn hai vòng tròn sáng có đường kính bằng đường kính đường rìa của thấu kính. Hai vị trí này cách nhau 8cm.

a) Tìm tiêu cự thấu kính.

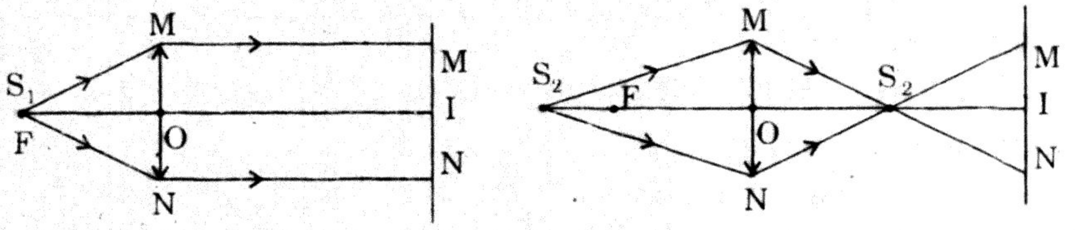
b) Từ vị trí điểm sáng gần thấu kính hơn, ta dịch điểm sáng đi 6cm về phía gần thấu kính. So sánh đường kính vòng tròn sáng trên màn với đường kính đường rìa thấu kính.

Giải

a) *Tiêu cự thấu kính :*

Để có vòng tròn sáng trên màn có đường kính M'N' bằng đường kính đường rìa gương MN thì :

- Hoặc điểm sáng nằm tại S_1 cũng là tiêu điểm F của thấu kính, lúc này chùm sáng ló ra khỏi thấu kính là chùm sáng song song với trục chính. (H.a)
- Hoặc điểm sáng nằm tại S_2 ngoài khoảng OF của thấu kính sao cho chùm ló hội tụ tại S_2' là trung điểm của OI. (H.b)



(H.a) (H.b)

Hình 135

Theo đề : $S_1S_2 = 8cm$

nên : $OS_2 = OS_1 + S_1S_2 = f + 8$

S_2' là ảnh của S_2 qua thấu kính nên:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{OS_2} + \frac{1}{OS_2'} \qquad \text{Với} \quad OS_2' = \frac{OI}{2} = 30cm$$

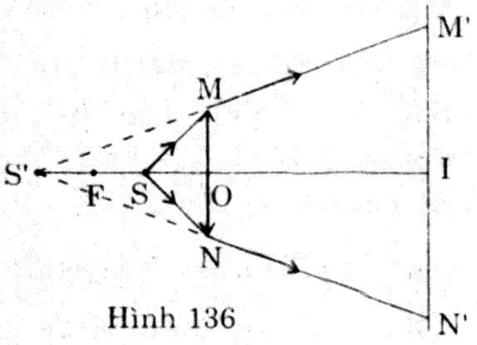
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f+8} + \frac{1}{30} \qquad \Rightarrow \qquad f^2 + 8f - 240 = 0$$

$$\Delta' = 4^2 + 240 = 256 = 16^2$$

$$f = -4 \pm 16$$

Vì thấu kính hội tụ nên ta chỉ nhận $f = 12$ (cm).

b) *So sánh đường kính vòng tròn sáng trên màn với đường kính rìa thấu kính:*



Hình 136

Sau khi di chuyển 6cm về gần thấu kính thì điểm sáng bây giờ nằm giữa OF nên ta được ảnh ảo S' với:

$$d' = -OS' = \frac{d.f}{d-f}$$

trong đó $d = OS = OS_1 - S_1S = 6cm$

$$d' = \frac{6.12}{6-12} = -12 \text{ (cm)}$$

hay : $OS' = 12$ (cm)

Do hai tam giác S'M'N' và S'MN đồng dạng nên :

$$\frac{M'N'}{MN} = \frac{S'I}{S'O} = \frac{S'O + OI}{S'O} = \frac{12 + 60}{12} \quad \text{hay} \quad \frac{M'N'}{MN} = 6.$$

ĐỀ THI

3.1. Cho thấu kính hội tụ có tiêu cự f = 20cm, vật sáng nhỏ AB vuông góc với trục chính (A trên trục chính) cho ảnh thật $A'B' > AB$ và cách AB một khoảng $AA' = L = 90$cm.

1. Xác định vị trí vật (tính d), vị trí ảnh (tính d'). Vẽ ảnh.

2. Giữ vật cố định, cho thấu kính chuyển động ra xa vật sao cho trục chính không đổi. Hỏi ảnh dịch chuyển thế nào so với vị trí của vật ?

(ĐH DÂN LẬP ĐÔNG ĐÔ – 96)

Giải

1. *Vị trí vật và ảnh :*

Khoảng cách giữa vật và ảnh là : $OA + OA' = AA'$

$$d + d' = 90 \qquad (1)$$

Giữa d và d' ta lại có :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \quad \Rightarrow \quad d' = \frac{df}{d - f} = \frac{20d}{d - 20} \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $d + \dfrac{20d}{d - 20} = 90$

$$\frac{d^2}{d - 20} = 90$$

$$d^2 - 90d + 1800 = 0$$

$$\Delta' = 45^2 - 1800 = 225 = 15^2$$

$$d = 45 \pm 15 = \left| \begin{array}{l} 60 \text{ (cm)} \\ 30 \text{ (cm)} \end{array} \right.$$

Thay 2 giá trị vừa có của d vào (2) ta được : $d' = \left| \begin{array}{l} 30 \text{ (cm)} \\ 60 \text{ (cm)} \end{array} \right.$

Để chọn giá trị d và d' thích hợp ta dựa vào tính chất $A'B' > AB$.

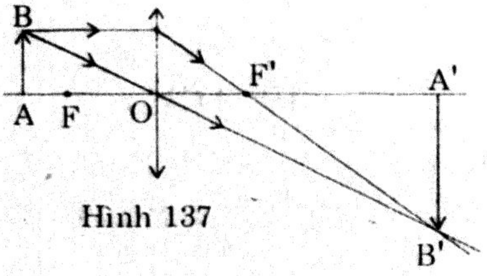
Theo công thức độ phóng đại : $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\dfrac{d'}{d}$

hay : $\dfrac{A'B'}{AB} = \left|-\dfrac{d'}{d}\right| = \left|\dfrac{d'}{d}\right| = \dfrac{d'}{d}$ (d và d' đều dương)

Theo đề : $A'B' > AB$ nên $d' > d$.

Vậy kết quả nhận là : $d = 30$ (cm) và $d' = 60$ (cm).

Hình vẽ :



Hình 137

2. *Sự dịch chuyển ảnh $A'B'$ so với vật AB khi thấu kính di chuyển :*

Ta cần chú ý rằng lúc đầu vật AB đã ở ngoài khoảng OF của thấu kính, vì vậy khi thấu kính di chuyển ra xa AB, AB vẫn luôn luôn nằm ngoài OF, như vậy $A'B'$ luôn luôn là ảnh thật.

Ta có : $L = AA' = d + d' = d + \dfrac{20d}{d-20} = \dfrac{d^2}{d-20}$

L là một hàm số theo biến số d và có dạng $y = \dfrac{u}{V}$ nên đạo hàm của L theo d là :

$$(L)' = \frac{u'V - uV'}{V^2}$$

Với $\begin{cases} u = d^2 \rightarrow u' = 2d \\ V = d - 20 \rightarrow V' = 1 \end{cases}$

nên : $(L)' = \dfrac{2d(d-20) - d^2.1}{(d-20)^2} = \dfrac{d(d-40)}{(d-20)^2}$

Để thấy sự tăng, giảm của L theo d ta xét dấu $(L)'$:

d	0		30		40		∞
L'	0			−	0	+	
L	0	↘	90	↘	80	↗	∞

Qua bảng xét dấu ta thấy :

+ d tăng từ 30 đến 40cm thì $L = AA'$ giảm nghĩa là ảnh $A'B'$ dịch về gần AB hơn (từ 90cm → 80cm).

+ d sau đó tăng nữa thì $L = AA'$ tăng trở lại nghĩa là $A'B'$ dịch ra xa AB.

3.2. Một chùm sáng hội tụ hình nón, chiếu qua một lỗ tròn đường kính a = 5cm trên màn chắn E_1. Trên màn E_2 đặt phía sau song song và cách E_1 một khoảng l = 20cm ta hứng được một hình tròn sáng đường kính b = 4cm. Nếu lắp khít vào lỗ tròn một thấu kính thì trên màn ảnh E_2 ta thu được một điểm sáng.

1. Có thể dùng thấu kính loại gì ?

2. Tính độ tụ của thấu kính.

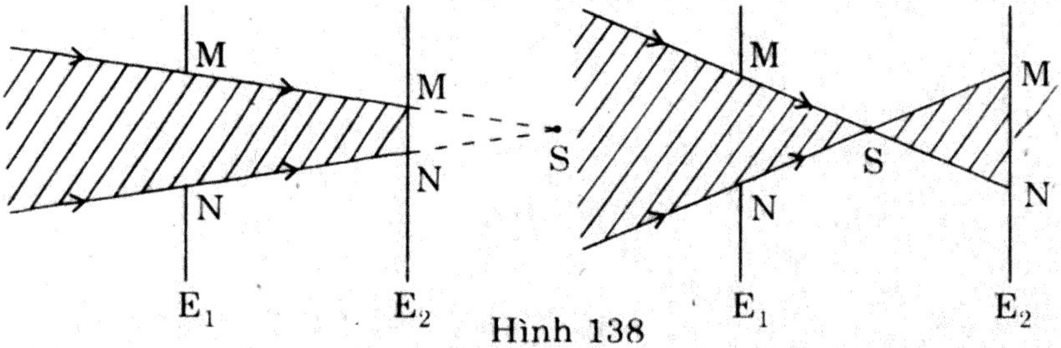
(ĐH QUỐC GIA HÀ NỘI – 97)

Giải

Vì đề chưa nói rõ chùm sáng chiếu qua lỗ tròn hội tụ trước hay sau màn ảnh E_2 nên ta chia làm 2 trường hợp :

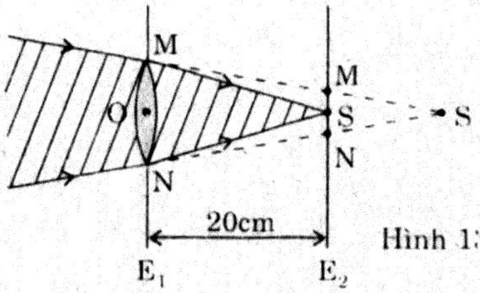
+ Chùm sáng hội tụ sau màn E_2.

+ Chùm sáng hội tụ trước màn E_2.



Hình 138

- *Trường hợp chùm sáng hội tụ sau màn E_2 :*



Hình 139

Để trên màn ta thu được điểm sáng thì chùm sáng ló ra khỏi thấu kính phải hội tụ. Vậy thấu kính dùng là thấu kính HỘI TỤ.

Trên hình vẽ ta có: S' là ảnh của S, trong đó S là vật ảo và S' là ảnh thật.

Công thức thấu kính cho :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \qquad (1)$$

Với : $d' = OS' = 20$ (cm)

$d = -OS$ (dấu "–" vì S là vật ảo)

Để tính OS ta dùng 2 tam giác đồng dạng MNS và $M'N'S$, ta có :

$$\frac{OS}{S'S} = \frac{MN}{M'N'} = \frac{5}{4} \quad \Rightarrow \quad 4.OS = 5.S'S = 5(OS - OS')$$

$$OS = 5.OS' = 5.20 = 100 \text{ (cm)}$$

hay : $d = -OS = -100$ (cm)

Thay giá trị d và d' vào (1) ta được : $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{20} + \dfrac{1}{-100} = \dfrac{4}{100}$

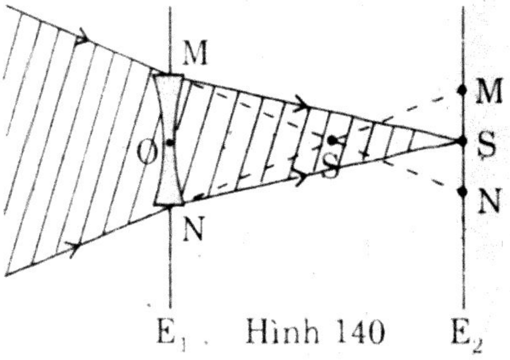
$$\Rightarrow \quad f = 25 \text{ (cm)}$$

Độ tụ : $D = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{0,25} = 4$ (điốp).

- *Trường hợp chùm sáng hội tụ trước màn E_2 :*

Sau khi đặt khít thấu kính vào lỗ tròn, để có được điểm sáng trên màn thì thấu kính phải làm cho tia ló phân kì so với tia tới, vậy đó là thấu kính PHÂN KÌ.

Tương tự như trên, S là vật ảo của thấu kính và S' là ảnh thật. Để tính OS ta xét 2 tam giác đồng dạng MNS và M'N'S :



Hình 140

$$\frac{OS}{S'S} = \frac{MN}{M'N'} = \frac{5}{4}$$

$$4.OS = 5.S'S = 5(OS' - OS)$$

$$9.OS = 5.OS' = 5.20 = 100$$

$$OS = \frac{100}{9} \text{ (cm)}$$

Thay : $d = -OS = -\dfrac{100}{9}$ (cm) và $d' = OS' = 20$ (cm) vào công thức (1), ta có:

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{\frac{100}{9}} + \frac{1}{20} = -\frac{4}{100} \quad \Rightarrow \quad f = -25 \text{ (cm)}$$

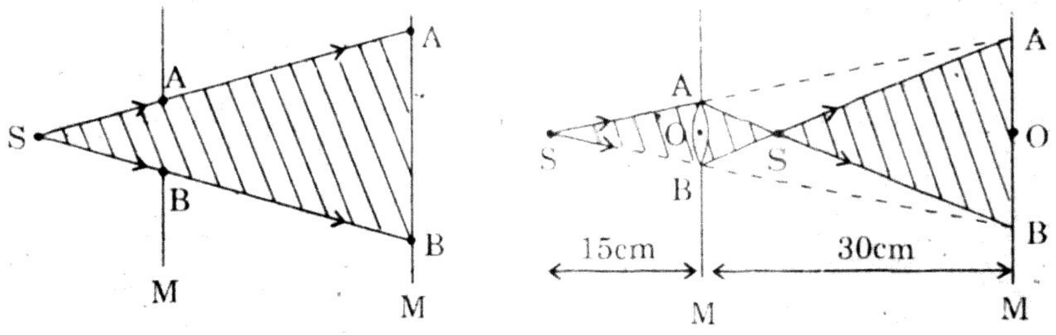
Độ tụ : $D = \dfrac{1}{f} = -\dfrac{1}{0,25} = -4$ (điốp).

3.3. Một nguồn sáng điểm S đặt trước một màn chắn có lỗ tròn nằm trên trục lỗ và cách tâm lỗ 15cm. Sau màn chắn 30cm đặt màn hứng ảnh E sao cho trên màn thu được vết sáng hình tròn. Đặt thấu kính L vừa khớp vào lỗ. Tìm tính chất và tiêu cự của L sao cho vết sáng trên màn E có vị trí và kích thước như cũ.

(ĐHQG TP.HỒ CHÍ MINH – 97)

Giải

Để vết sáng trên màn không đổi sau khi đặt thấu kính thì tia sáng tới SA phải có tia ló là AB' và với tia tới SB thì có tia ló là BA'. Muốn vậy L là thấu kính hội tụ.



Hình 141

Qua thấu kính ta có S' là ảnh thật của điểm sáng S nên tiêu cự f của thấu kính cho bởi :

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d}+\frac{1}{d'}. \quad \Rightarrow \quad f=\frac{d.d'}{d+d'} \qquad (1)$$

Với : $d = OS = 15$ (cm)

$d' = OS'$

Để tìm OS' ta dựa trên 2 cặp tam giác đồng dạng sau :

$\Delta SAB \backsim \Delta SA'B'$ cho : $$\frac{AB}{A'B'}=\frac{SO}{SO'}=\frac{15}{45}=\frac{1}{3} \qquad (2)$$

$\Delta S'AB \backsim \Delta S'A'B'$ cho : $$\frac{AB}{A'B'}=\frac{S'O}{S'O'}=\frac{S'O}{30-S'O} \qquad (3)$$

(2) và (3) cho : $$\frac{S'O}{30-S'O}=\frac{1}{3}$$

$$3.S'O = 30 - S'O$$

$$S'O = 7,5 \text{ (cm)} \qquad \text{hay :} \qquad d' = 7,5 \text{ (cm)}$$

Thay các giá trị của d và d' vào (1) :

$$f=\frac{15.7,5}{15+7,5}=5 \text{ (cm)}.$$

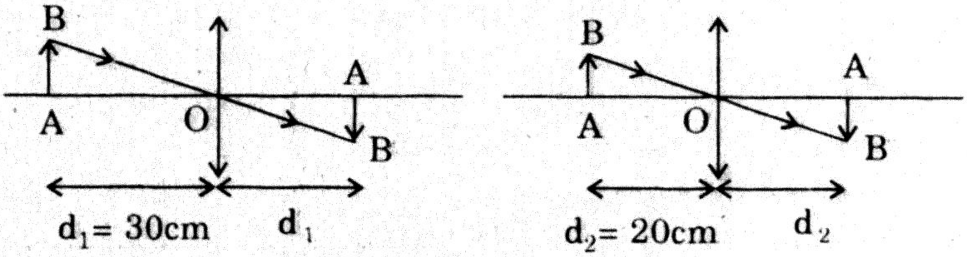
3.4. Đặt một vật phẳng nhỏ AB vuông góc trục chính của một thấu kính hội tụ, cách thấu kính 30cm ta thu được một ảnh của vật trên một màn ảnh đặt sau thấu kính. Dịch chuyển vật lại gần, cách thấu kính 20cm ta phải dịch chuyển màn ra xa thấu kính để lại thu được ảnh. Ảnh sau cao gấp đôi ảnh trước.

1. Tính tiêu cự của thấu kính.

2. Tính độ phóng đại của các ảnh đó.

(ĐH TÀI CHÍNH KẾ TOÁN – 97)

Giải



Hình 142

1. *Tiêu cự :*

Độ phóng đại của ảnh trong 2 trường hợp :

$$k_1 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d_1'}{d_1}$$

$$k_2 = \frac{\overline{A''B''}}{\overline{AB}} = -\frac{d_2'}{d_2}$$

Lập tỉ số : $$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A''B''}} = \frac{d_1'}{d_2'} \times \frac{d_2}{d_1} \qquad (1)$$

Với : $$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A''B''}} = \frac{1}{2} \quad \text{và} \quad \frac{d_2}{d_1} = \frac{20}{30} = \frac{2}{3} \quad \text{nên :}$$

(1) cho : $$\frac{1}{2} = \frac{d_1'}{d_2'} \times \frac{2}{3} \quad \Rightarrow \quad d_1' = \frac{3}{4} d_2' \qquad (2)$$

Mặt khác : $$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'}$$

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{\frac{3}{4} d_2'} = \frac{1}{20} + \frac{1}{d_2'} \quad \Rightarrow \quad d_2' = 20\,(\text{cm})$$

Và (2) cho : $$d_1' = \frac{3}{4} \times 20 = 15\,(\text{cm})$$

Tiêu cự thấu kính : $$f = \frac{d_1 . d_1'}{d_1 + d_1'} = \frac{30 \times 15}{30 + 15} = 10\,(\text{cm})$$

2. *Độ phóng đại :*

$$k_1 = -\frac{d_1'}{d_1} = -\frac{15}{30} = -0,5$$

$$k_2 = -\frac{d_2'}{d_2} = -\frac{20}{20} = -1$$

3.5. Một thấu kính hội tụ tạo nên trên màn quan sát E một ảnh của một chiếc đèn mà kích thước của ảnh này lớn gấp hai lần kích thước bình thường của đèn. Sau khi thấu kính được dịch chuyển 36cm lại gần màn E thì nó cho một ảnh có ~~kích~~ thước giảm đi hai lần so với kích thước bình thường của đèn.

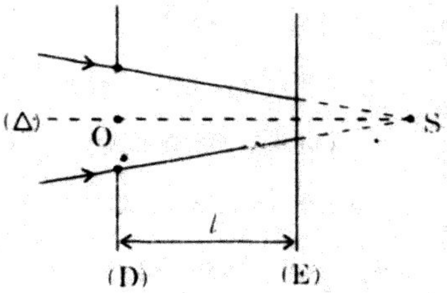
a) Vẽ hình cho hai trường hợp trên.

b) Hãy tính tiêu cự thấu kính.

(ĐH AN NINH - 97)

ĐS: f = 24 (cm).

3.6. Chùm tia sáng chiếu đến một màn chắn (D) có đục một lỗ tròn bán kính r_1, hội tụ tại điểm S nằm trên một trục (Δ) vuông góc với lỗ tròn tại O là tâm của lỗ và tạo nên một vòng tròn sáng bán kính r_2 trên một màn quan sát (E) đặt trong khoảng từ S đến (D) và cách (D) một khoảng l (H.vẽ 143).



Hình 143

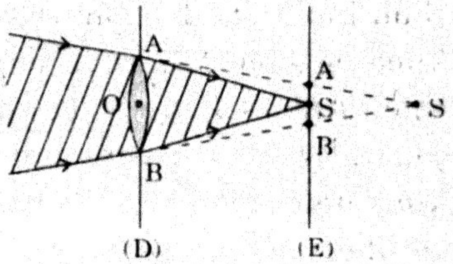
Đặt vừa khít vào lỗ tròn một thấu kính mỏng tiêu cự f, ta quan sát thấy một điểm sáng S' nằm tại vị trí tâm của vòng tròn sáng (khi chưa đặt thấu kính vào). Hỏi: thấu kính hội tụ hay phân kì ? Tính tiêu cự f. Vẽ hình.

Cho r_1 = 3cm; r_2 = 1,5cm; l = 50cm.

(ĐHQG TPHCM - 98)

Giải

Để có chùm tia sáng ló ra khỏi thấu kính hội tụ tại S' trên màn thì ta dùng thấu kính hội tụ.



Hình 144

Chùm sáng tới hội tụ tại S nằm sau thấu kính nên S là vật ảo và ảnh S' là thật.

Tiêu cự thấu kính là f cho bởi :

$$f = \frac{d.d'}{d + d'} \qquad (*)$$

Với : $d' = OS' = l = 50$ (cm)

$d = -OS$ (dấu – vì vật ảo).

Để tính OS ta dùng 2 tam giác đồng dạng ABS và A'B'S:

$$\frac{OS}{S'S} = \frac{AB}{A'B'} = \frac{2r_1}{2r_2} = \frac{3}{1,5} = 2 \qquad \text{hay :} \qquad \frac{OS}{OS - OS} = 2$$

$$OS = 2OS - 2OS'$$

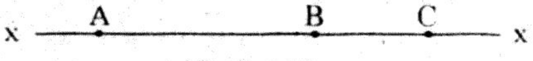
$$OS = 2OS' = 2l = 100\text{cm}.$$

nên : $d = -OS = -100$ (cm)

Thay giá trị d và d' vào công thức (*) ta được :

$$f = \frac{-100 \times 50}{-100 + 50} = 100 \text{ (cm)}.$$

3.7. Có 3 điểm A, B, C nằm trên quang trục chính xx' của một thấu kính. AB = 36cm, AC = 45cm. Nếu đặt điểm sáng tại A thì ta thu được ảnh thật của nó tạo bởi thấu kính tại C. Nếu đặt điểm sáng tại B thì ảnh ảo của nó tạo bởi thấu kính cũng tại C.



Hình 145

1. Xác định:

a) Loại thấu kính (có giải thích).

b) Khoảng cách từ các điểm A, B đến thấu kính.

c) Tiêu cự của thấu kính.

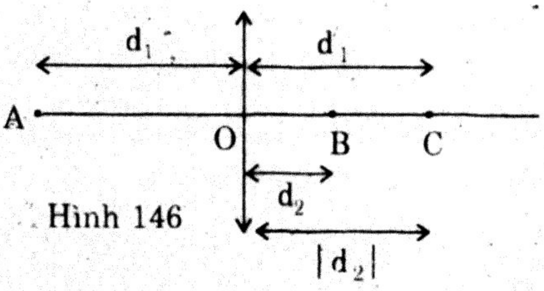
2. Với thấu kính trên để thu được ảnh thật của một vật phẳng nhỏ cao gấp 5 lần vật thì vị trí đặt vật ở đâu ?

(ĐH THỦY LỢI – 98)

Giải

1. a) *Loại thấu kính :*

Đặt điểm sáng ở A thì được ảnh thật tại C. Vậy đó là thấu kính hội tụ. Thấu kính này đặt trong khoảng từ A đến C (trừ 2 điểm A và C).



Hình 146

Hơn nữa, điểm sáng tại B có ảnh ảo tại C, vậy B và C đều nằm cùng một phía thấu kính. Do đó thấu kính phải đặt trong khoảng giữa AB. Điều này hợp lí đối với thấu kính hội tụ vì đối với thấu kính hội tụ, vật thật (ở B) cho ảnh ảo nằm xa thấu kính hơn vật (ở C). Vị trí thấu kính được vẽ như sau :

b) *Khoảng cách từ A và B đến thấu kính :*

A là vật, C là ảnh qua thấu kính nên : $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'}$ (1)

B là vật, C là ảnh qua thấu kính nên : $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'}$ (2)

(1) và (2) cho : $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'}$ (3)

Ta có : • $d_1 + d'_1 = AC = 45\ (cm)$ nên : $d'_1 = 45 - d_1$ (4)

• $d'_1 = d'_2 = OC$ (Vì $d'_2 < 0$)

hay $d'_2 = -d'_1 = -(45 - d_1)$ (5)

• $d_2 + d_1 = AB = 36\ (cm)$ nên : $d_2 = 36 - d_1$ (6)

Thay các giá trị ở (4), (5), (6) vào (3) :

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{45 - d_1} = \frac{1}{36 - d_1} - \frac{1}{45 - d_1}$$

$$\frac{1}{d_1} + \frac{2}{45 - d_1} = \frac{1}{36 - d_1}$$

$$\frac{45 + d_1}{d_1(45 - d_1)} = \frac{1}{36 - d_1}$$

$$(45 + d_1)(36 - d_1) = d_1(45 - d_1)$$

$$1620 - 45d_1 + 36d_1 - d_1^2 = 45d_1 - d_1^2$$

$$54d_1 = 1620$$

$$d_1 = OA = 30\ (cm)$$

$$\text{và } d_2 = OB = 6\ (cm)$$

c) *Tiêu cự thấu kính :*

$$(1) \Rightarrow \quad f = \frac{d_1 . d'_1}{d_1 + d'_1} \quad \text{với} \quad d_1 = 30\ (cm),\ d'_1 = OC = 15\ (cm)$$

$$= \frac{30 \times 15}{30 + 15} = 10\ (cm)$$

2. *Vị trí đặt vật để ảnh thật cao gấp 5 lần vật :*

Độ phóng đại của ảnh : $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d}$

Với $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -5$ (Dấu – vì ảnh thật và vật thật, trái chiều)

nên : $-5 = -\frac{d'}{d} \Rightarrow d' = 5d$

Có : $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{d} + \frac{1}{5d} = \frac{6}{5d} \Rightarrow d = \frac{6}{5}.f = \frac{6}{5} \times 10 = 12\ (cm)$

Vậy vật cách thấu kính 12 (cm).

3.8. Vật sáng AB được đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ O có tiêu cự f = 12 (cm). Qua thấu kính vật AB cho ảnh thật $A'B'$. Khi dời AB đi một đoạn 24 (cm) lại gần thấu kính thì ảnh dời đi một đoạn 3 (cm). Xác định vị trí của AB trước khi dời chỗ.

(HỌC VIỆN NGÂN HÀNG TPHCM – 98)

Giải

Trước khi dời chỗ vị trí ảnh được xác định bởi :

$$d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{12d}{d-12} \qquad (1)$$

Sau khi dời chỗ, vật gần thấu kính hơn vị trí trước 24cm nên khoảng cách từ thấu kính đến vật bây giờ là (d – 24) và ảnh dời xa thấu kính hơn trước 3cm nên vị trí ảnh bây giờ là
$(d' + 3)$. Ta có:

$$d' + 3 = \frac{(d-24).f}{(d-24)-f} = \frac{(d-24)\times 12}{(d-24)-12} = \frac{12(d-24)}{d-36} \qquad (2)$$

Lấy (2) trừ cho (1) ta được :

$$3 = \frac{12(d-24)}{d-36} - \frac{12d}{d-12}$$

$$1 = \frac{4(d-24)}{d-36} - \frac{4d}{d-12} \quad \Rightarrow \quad d^2 - 48d - 720 = 0$$

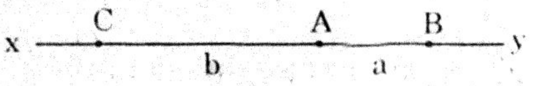
$$\Delta' = 24^2 + 720 = (36)^2$$

$$d = 24 \pm 36$$

Chỉ nhận giá trị d > 0 (vì vật sáng) tức d = 60 (cm).

3.9. **1.** Một điểm sáng S nằm trên trục chính của một thấu kính hội tụ tiêu cự f = 10cm cách thấu kính một đoạn d = 15cm. Tìm vị trí ảnh S' của S qua thấu kính.

2. Một thấu kính hội tụ có trục chính là xy (H.vẽ). Khi vật thật đặt ở A cho ảnh ở B. Khi vật thật đặt ở B cho ảnh ở C.



Hình 147

Xác định vị trí và tiêu cự của thấu kính.

Cho biết AB = a = 20cm; AC = b = 40cm.

(ĐH THỦY SẢN – 98)

Giải

1. *Vị trí ảnh S':* $\quad d' = \dfrac{d.f}{d-f} = \dfrac{15\times 10}{15-10} = 30$ (cm)

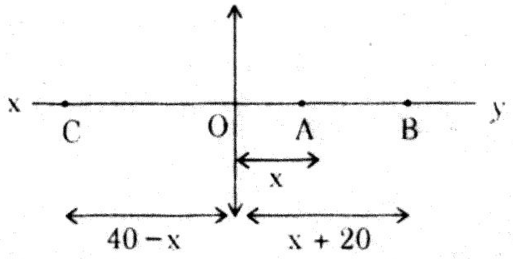
Ảnh S' là ảnh thật nằm cách thấu kính 30 (cm).

2. *Vị trí và tiêu cự thấu kính :*

– Thấu kính phải nằm bên trái A vì nếu nằm giữa A, B thì theo tính thuận nghịch về chiều truyền ánh sáng, vật thật ở A cho ảnh thật ở B và ngược lại, vật thật đặt ở B sẽ cho ảnh thật ở A (nhưng theo đề ảnh ở C). Thấu kính cũng không thể nằm bên phải B. Vì đây là thấu kính hội tụ nên nếu B là ảnh ảo thì phải xa thấu kính hơn so với A.

– Tương tự thấu kính phải nằm bên phải C để C là ảnh thật của B.

Vị trí thấu kính như hình vẽ :



Hình 148

Đặt $OA = x > 0$

A là vật thật và B là ảnh ảo nên :

$$\begin{cases} d_1 = \overline{OA} = x \\ d_1' = \overline{OB} = -(x+20) < 0 \end{cases}$$

Ta có : $$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x+20} \qquad (1)$$

Và B là vật thật, C là ảnh thật nên : $$\begin{cases} d_2 = \overline{OB} = x + 20 \\ d_2' = \overline{OC} = 40 - x \end{cases}$$

Ta có: $$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{x+20} + \frac{1}{40-x} \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $$\frac{1}{x} - \frac{1}{x+20} = \frac{1}{x+20} + \frac{1}{40-x}$$

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{40-x} = \frac{2}{x+20}$$

$$\frac{40-2x}{x(40-x)} = \frac{2}{x+20} \quad \Rightarrow \quad x = 10\ (cm)$$

(1) cho : $$f = \frac{x(x+20)}{20} = \frac{10(10+20)}{20} = 15\ (cm)$$

Vậy : tiêu cự thấu kính là 15cm và thấu kính cách A 10cm.

3.10. Thấu kính hội tụ đặt trong không khí có tiêu cự 15cm được làm bằng thủy tinh chiết suất 1,5; gồm hai mặt cầu, một mặt có bán kính gấp đôi mặt kia.

a) Tìm bán kính mỗi mặt.

b) Đặt một điểm sáng S trên trục chính và cách thấu kính bao xa để ảnh của nó cách S 20cm. Vẽ ảnh.

(ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI – 98)

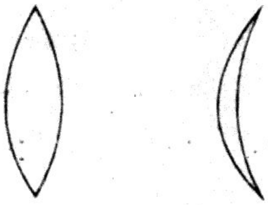
Giải

a) *Bán kính mỗi mặt :*

THẤU KÍNH HỘI TỤ có 2 mặt lồi có 2 dạng sau đây : Cả hai mặt đều lồi hoặc một mặt lồi, một mặt lõm.

Tiêu cự thấu kính là f cho bởi :

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \qquad (*)$$



Hình 149

- Cả hai mặt đều lồi : $R_1 = 2R_2$

(*) cho : $$\frac{1}{f} = (1{,}5-1)\left(\frac{1}{2R_2} + \frac{1}{R_2}\right) = 0{,}5.\frac{3}{2R_2}$$

$$\Rightarrow \quad R_2 = \frac{0{,}5\cdot 3}{2}\times f = \frac{0{,}5\cdot 3}{2}\times 15 = 11{,}25 \text{ (cm)}$$

Và $R_1 = 2R_2 = 22{,}5$ (cm)

- Một mặt lồi và một mặt lõm : $R_1 = -2R_2$

(*) cho : $$\frac{1}{f} = (1{,}5-1)\left(-\frac{1}{2R_2} + \frac{1}{R_2}\right) = 0{,}5.\frac{1}{2R_2}$$

$$R_2 = \frac{0{,}5}{2}\times f = \frac{0{,}5}{2}\times 15 = 3{,}75 \text{ (cm)}$$

Và $R_1 = -7{,}5$ (cm)

b) *Vị trí điểm sáng S :*

Ảnh của điểm sáng S qua thấu kính hội tụ có thể là ảnh thật ($d' > 0$) và cũng có thể ảo ($d' < 0$).

- *Ảnh thật :*

Vị trí ảnh : $d' = \dfrac{df}{d-f} > 0$

Khoảng cách giữa vật và ảnh là : $d + d' = l$

$$d + \frac{df}{d-f} = l$$

$$\frac{d^2}{d-f} = l$$

$$d^2 - ld + lf = 0$$

$$d^2 - 20d + 20 \times 15 = 0$$

$$d^2 - 20d + 300 = 0$$

$\Delta' = 10^2 - 300 < 0$: phương trình vô nghiệm tức không có điểm S để ảnh S' thật.

- *Ảnh ảo :*

Vị trí ảnh : $d' = \dfrac{df}{d - f} < 0$

Khoảng cách giữa vật và ảnh là : $|d'| - d = l$

Chú ý : $|d'| > d$ vì ảnh ảo xa hơn điểm sáng S (so với thấu kính)

hay : $-d' - d = l$

$$-\frac{df}{d - f} - d = l$$

$$\frac{-d^2}{d - f} = l$$

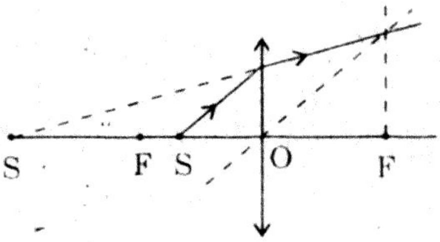
$$-d^2 - ld + lf = 0$$

$$d^2 + 20d - 20.15 = 0$$

$$d^2 + 20d - 300 = 0$$

$$\Delta' = 10^2 + 300 = 20^2$$

$$d = -10 \pm 20 = \left[\begin{array}{l} = 10\,(\text{cm}) \\ = -30\,(\text{cm}) \text{ loại vì vật thật} \end{array}\right.$$



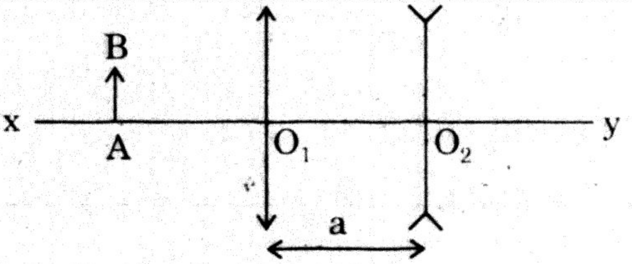
Hình 150

Vậy : điểm S cách thấu kính 10cm.

Chương IV

HỆ NHIỀU THẤU KÍNH GHÉP ĐỒNG TRỤC CHÍNH

TÓM TẮT LÍ THUYẾT



Hình 151

Quá trình tạo ảnh của vật AB qua hệ nhiều (ví dụ như hai) thấu kính ghép đồng trục chính xy được tóm tắt như sau :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } O_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } O_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

- Vị trí ảnh A_1B_1 :

$$d_1' = \overline{O_1A_1} = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1}$$ với f_1 là tiêu cự thấu kính O_1.

- A_1B_1 lại là vật của TK O_2 và được xác định bởi :

$$d_2 = \overline{O_2A_1} = a - d_1'$$ với a là khoảng cách 2 thấu kính

- Vị trí ảnh $A'B'$ của A_1B_1 qua thấu kính O_2 :

$$d_2' = \overline{O_2A'} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2}$$ với f_2 là tiêu cự thấu kính O_2.

$A'B'$ cũng là ảnh của hệ thấu kính.

- Nếu $d_2' > 0$: $A'B'$ là ảnh thật.

và $d_2' < 0$: $A'B'$ là ảnh ảo.

- Độ phóng đại của ảnh : $$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} \times \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \left(-\frac{d_2'}{d_2}\right)\left(-\frac{d_1'}{d_1}\right)$$

Vậy : $$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2}$$

BÀI TẬP CƠ BẢN

Ví dụ 1 : Cho hệ hai thấu kính mỏng L_1 và L_2 có trục chính trùng nhau và cách nhau $l = 48$cm. L_1 là thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_1 = 24$cm và L_2 là thấu kính phân kì có tiêu cự $f_2 = -12$cm. Vật sáng nhỏ AB cao 3cm đặt trước L_1 và cách L_1 42cm (về phía không có L_2). Xác định vị trí, độ lớn và vẽ ảnh của vật AB qua hệ hai thấu kính.

Giải

Sơ đồ tạo ảnh của vật AB qua hệ 2 thấu kính :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{L_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{L_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

- Vị trí ảnh A_1B_1 :

$$d_1' = \overline{O_1A_1} = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \frac{42 \times 24}{42 - 24} = 56 \text{ (cm)}$$

- A_1B_1 là vật của L_2 và cách L_2 :

$$d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d_1' = 48 - 56 = -8 \text{ (cm)}$$

Dấu "–" chứng tỏ A_1B_1 là vật ảo (đứng sau) của L_2.

- $A'B'$ là ảnh của A_1B_1 qua L_2 và cách L_2 :

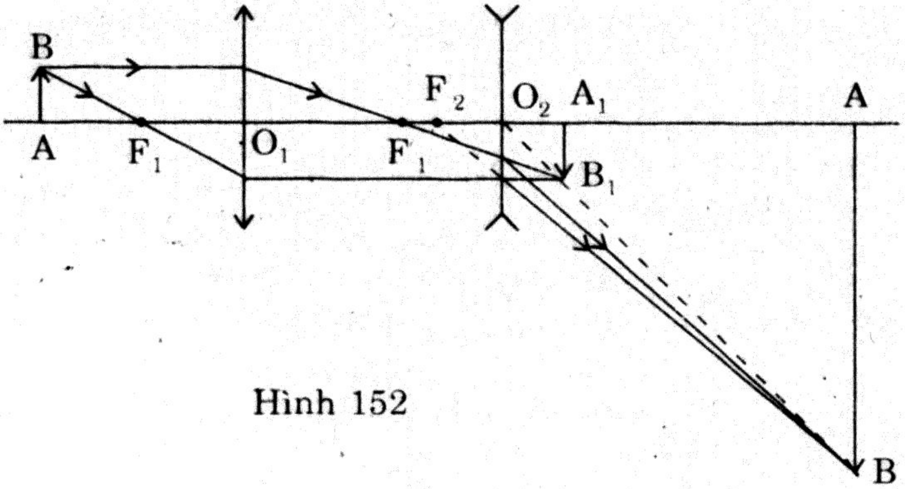
$$d_2' = \overline{O_2A'} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-8(-12)}{-8 + 12} = 24 \text{ (cm)} > 0$$

- Độ phóng đại :

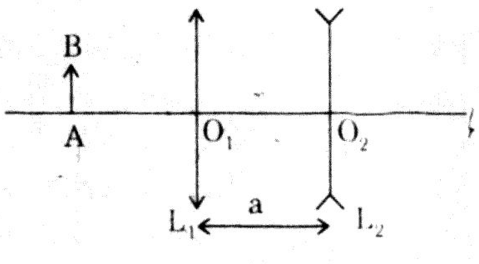
$$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2} = \frac{56}{42} \cdot \frac{24}{-8} = -4$$

$$\overline{A'B'} = -4.\overline{AB} = -4 \times 3 = -12 \text{ (cm)}$$

Vậy : $A'B'$ là ảnh thật, cách L_2 24cm và cao 12 (cm).



Hình 152



Hình 153

Ví dụ 2 : Vật sáng AB hình mũi tên đặt vuông góc với trục chính của thấu kính hội tụ L_1 tiêu cự $f_1 = 30$cm. Với A nằm trên trục chính và cách L_1 đoạn $AO_1 = 36$cm. Phải đặt sau L_1 một thấu kính phân kì L_2 tiêu cự $f_2 = -10$cm cách L_1 một khoảng a là bao nhiêu để ảnh cuối cùng của AB qua hệ là ảnh thật. (H.vẽ)

Giải

Sơ đồ tạo ảnh của vật AB qua hệ 2 thấu kính :

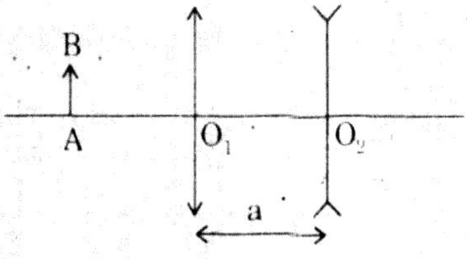
$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } L_1} \underbrace{A_1B_1}_{d_1' \quad d_2} \xrightarrow{\text{TK } L_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

Với :
- $d_1 = \overline{O_1A} = 36\,(\text{cm})$
- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{36 \times 30}{36 - 30} = 180\,(\text{cm})$
- $d_2 = \overline{O_2A_1} = a - d_1' = a - 180\,(\text{cm})$
- $d_2' = \overline{O_2A'} = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = -10\dfrac{a - 180}{(a - 180) + 10} = -10\dfrac{a - 180}{a - 170}$

Để $A'B'$ là ảnh thật thì $d_2' > 0$. Ta lập bảng xét dấu như sau :

a	0		170		180	
d_2'		−	‖	+	0	−

Vậy : $170 < a < 180\,(\text{cm})$.



Hình 154

Ví dụ 3 : Cho một hệ gồm hai thấu kính O_1, O_2 có cùng trục chính tiêu cự lần lượt $f_1 = 20$cm và $f_2 = -10$cm đặt cách nhau khoảng $a = 30$cm. Vật phẳng nhỏ AB vuông góc với trục chính (A trên trục chính).

Tìm vị trí của vật để ảnh cuối cùng là ảnh ảo và cao gấp 2 lần vật.

Giải

Sơ đồ tạo ảnh của vật AB qua hệ 2 thấu kính :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } O_1} \underbrace{A_1B_1}_{d_1' \quad d_2} \xrightarrow{\text{TK } O_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

- $d'_1 = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{20d_1}{d_1 - 20}$

- $d_2 = \overline{O_2A_1} = a - d'_1 = 30 - \dfrac{20d_1}{d_1 - 20} = \dfrac{10d_1 - 600}{d_1 - 20}$

- $d'_2 = \dfrac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = -10\,\dfrac{\dfrac{10d_1 - 600}{d_1 - 20}}{\dfrac{10d_1 - 600}{d_1 - 20} + 10} = -10\,\dfrac{d_1 - 60}{2d_1 - 80}$

- Ta có bảng xét dấu d'_2 :

d_1		40		60	
d'_2	−	‖	+	0	−

Để có ảnh ảo thì $d'_2 < 0$ ứng với :

$d_1 < 40$ (cm) hoặc $d_1 > 60$ (cm) (1)

- Mặt khác, ảnh cao gấp 2 lần vật tức $|K| = 2$

hay : $\left|\dfrac{d'_1}{d_1} \times \dfrac{d'_2}{d_2}\right| = 2$

Thay các giá trị d_1, d'_1, d_2, d'_2 đã tính ở trên, ta được :

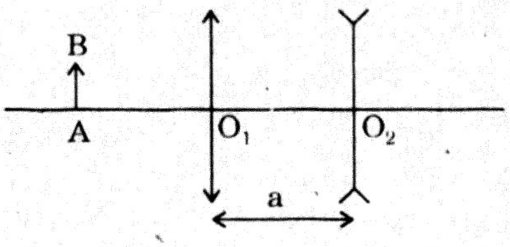
$$\frac{10}{|d_1 - 40|} = 2 \quad \Rightarrow \quad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{10}{d_1 - 40} = 2 \Rightarrow d_1 = 45 \text{ (cm)} \\ \dfrac{10}{d_1 - 40} = -2 \Rightarrow d_1 = 35 \text{ (cm)} \end{array}\right. \qquad (2)$$

Để thỏa mãn 2 điều kiện (1) và (2) thì ta chọn : $d_1 = 35$ (cm)

Vậy để có ảnh ảo cao gấp 2 lần vật thì AB cách TK O_1 35cm.

Ví dụ 4 : Có hai thấu kính tiêu cự lần lượt $f_1 = +30$cm và $f_2 = -10$cm đặt đồng trục (H.vẽ 155). Khoảng cách 2 thấu kính là a.

Với giá trị nào của a thì độ lớn ảnh cuối cùng của vật AB đặt vuông góc với trục chính của 2 thấu kính không phụ thuộc vị trí của vật AB. Tính độ phóng đại ảnh lúc đó.



Hình 155

Giải

Sơ đồ tạo ảnh của vật AB qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } O_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } O_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

Đặt : $O_1A = x > 0$

- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{30x}{x-30} \qquad \Rightarrow \qquad \dfrac{d_1'}{d_1} = \dfrac{30}{x-30}$

- $d_2 = \overline{O_2A_1} = a - d_1' = a - \dfrac{30x}{x-30} = \dfrac{ax - 30a - 30x}{x - 30}$

- $d_2' = \overline{O_2A'} = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2}$

$$\Rightarrow \frac{d_2'}{d_2} = \frac{f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-10}{\dfrac{ax - 30a - 30x}{x-30} + 10} = \frac{10(x-30)}{(20-a)x + 30(a+10)}$$

- Độ phóng đại : $\quad k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{d_1'}{d_1} \times \dfrac{d_2'}{d_2} = \dfrac{30}{x-30} \cdot \dfrac{10(x-30)}{(20-a)x + 30(a+10)}$

$$= \frac{300}{(20-a)x + 30(a+10)}$$

Độ lớn ảnh cuối cùng A'B' không phụ thuộc x khi k không phụ thuộc x. Điều này xảy ra khi : $\quad 20 - a = 0 \quad \to \quad a = 20$ (cm)

Lúc đó : $\quad k = \dfrac{300}{30(a+10)} = \dfrac{300}{30(20+10)} = \dfrac{1}{3}$.

Ví dụ 5 : Một hệ thống gồm nhiều thấu kính mỏng ghép sát và đồng trục có tiêu cự lần lượt là $f_1, f_2, \ldots, f_n$.

Chứng minh rằng ta có thể thay thế hệ thống trên bằng một thấu kính khác có tiêu cự f cho bởi :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \;.\;.\;.\; + \frac{1}{f_n} \qquad \text{hay} \qquad D = D_1 + D_2 + \ldots + D_n$$

Giải

Sơ đồ tạo ảnh của một điểm S qua hệ :

$$\underbrace{S}_{d_1} \xrightarrow{L_1} \underbrace{S_1}_{d_1'}\underbrace{\;}_{d_2} \xrightarrow{L_2} \underbrace{S_2}_{d_2'} \;.\;.\;.\;.\; \xrightarrow{L_n} \underbrace{S_n}_{d_n'}$$

Trong đó S_1 là ảnh của S qua thấu kính L_1.

S_2 là ảnh của S_1 qua thấu kính L_2, ...

Áp dụng công thức : $\frac{1}{f_i} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_i'}$ cho từng thấu kính, ta được :

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} \qquad (1)$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} \qquad \text{với} \quad d_2 = l - d_1' = -d_1'$$

$$= -\frac{1}{d_1'} + \frac{1}{d_2'} \qquad (2)$$

. . . .

$$\frac{1}{f_n} = \frac{1}{d_n} + \frac{1}{d_n'} \qquad \text{với} \quad d_n = l - d_{n-1}' = -d_{n-1}'.$$

$$= -\frac{1}{d_{n-1}'} + \frac{1}{d_n'} \qquad (n)$$

Cộng các biểu thức (1), (2), ..., (n) theo từng vế ta được :

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \ldots + \frac{1}{f_n} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_n'} \qquad (*)$$

Với giá trị d_1 và d_n' ở trên ta có thể tìm được 1 giá trị f mà :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_n'} \qquad (**)$$

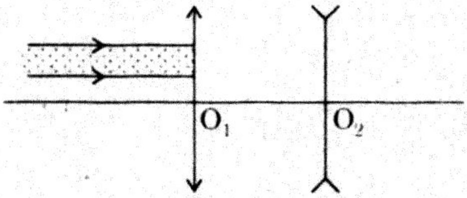
Và nếu d_1, d_n' chỉ vị trí vật và ảnh qua thấu kính thì f chính là tiêu cự của thấu kính ấy. Nói khác hơn ta có thể thay thế hệ các thấu kính ghép sát nói trên bằng thấu kính có tiêu cự f.

(*) và (**) cho :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \ldots + \frac{1}{f_n} \qquad \text{hay :} \quad D = D_1 + D_2 + \ldots + D_n$$

Ví dụ 6 : Cho hệ gồm thấu kính hội tụ O_1 có tiêu cự f_1 và thấu kính phân kì O_2 có tiêu cự f_2 (với $f_1 > 0$, $f_2 < 0$) đặt đồng trục sao cho tiêu điểm ảnh chính F_1' của thấu kính O_1 trùng với tiêu điểm vật chính F_2 của thấu kính O_2.

a) Chiếu chùm sáng tới thấu kính O_1 song song với trục chính. Vẽ đường đi của chùm sáng qua hệ.

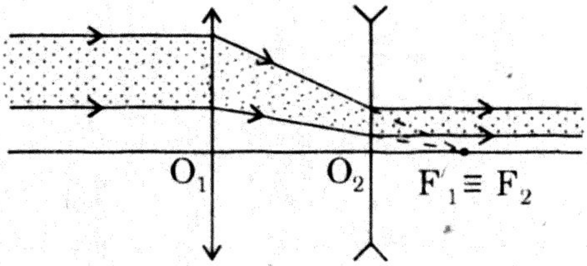


Hình 156

b) Đặt vật phẳng AB vuông góc với trục chính (nằm cùng phía với chùm sáng ở câu a) và cách thấu kính O_1 khoảng d_1 tùy ý. Tính độ phóng đại K của ảnh cuối cùng.

Giải

a) *Hình vẽ :*



b) *Độ phóng đại :*

Khoảng cách 2 thấu kính là :

$$a = O_1O_2 = O_1F_1' - O_2F_2 \qquad \text{với} \quad O_2F_2 = |f_2|$$

$$= f_1 - |f_2| = f_1 + f_2$$

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } O_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } O_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

- Ảnh A_1B_1 cách thấu kính O_1 :

$$d_1' = \overline{O_1A_1} = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{d_1'}{d_1} = \frac{f_1}{d_1 - f_1}$$

- A_1B_1 là vật của O_2 và cách O_2 :

$$d_2 = \overline{O_2A_1} = a - d_1' = f_1 + f_2 - \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \frac{-f_1^2 + f_2d_1 - f_1f_2}{d_1 - f_1}$$

- Ảnh $A'B'$ cách thấu kính O_2 :

$$d_2' = \overline{O_2A'} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{d_2'}{d_2} = \frac{f_2}{d_2 - f_2} = \frac{f_2}{\dfrac{-f_1^2 + f_2d_1 - f_1f_2}{d_1 - f_1} - f_2} = \frac{f_2(d_1 - f_1)}{-f_1^2}.$$

- Độ phóng đại của ảnh :

$$k = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2} = \frac{f_1}{d_1 - f_1} \times \frac{f_2(d_1 - f_1)}{-f_1^2} = -\frac{f_2}{f_1}.$$

ĐỀ THI

4.1. Một thấu kính phân kì O_1 có tiêu cự 2cm và một thấu kính hội tụ O_2 tiêu cự 6cm có chung trục chính được đặt cách nhau khoảng $l = O_1O_2 = 4$cm.

1. Chứng minh rằng một vật đặt trước O_1 luôn luôn có một ảnh ảo, có độ phóng đại K không đổi.

2. Một vật phẳng nhỏ AB = 20 mm, đặt trước O_1 cách O_2 một khoảng d = 18cm. Mắt đặt sau O_2, sát O_2 và quan sát ảnh $A'B'$ của AB qua hệ. Tính góc trông vật α và góc trông ảnh $A'B'$ đối với vị trí ấy của mắt, từ đó suy ra độ bội giác α'/α.

(ĐH DƯỢC – 97)

Giải

1. *Ảnh qua hệ luôn luôn ảo và độ phóng đại không đổi :*

Gọi AB là vật.

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } O_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } O_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

- $$d_1' = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \frac{-2d_1}{d_1 + 2}$$

- $$d_2 = l - d_1' = 4 + \frac{2d_1}{d_1 + 2} = \frac{6d_1 + 8}{d_1 + 2}$$

- $$d_2' = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = 6\frac{\dfrac{6d_1 + 8}{d_1 + 2}}{\dfrac{6d_1 + 8}{d_1 + 2} - 6} = 6.\frac{6d_1 + 8}{-4} = -3(3d_1 + 4) < 0 \qquad (1)$$

Vậy $A'B'$ luôn luôn là ảnh ảo.

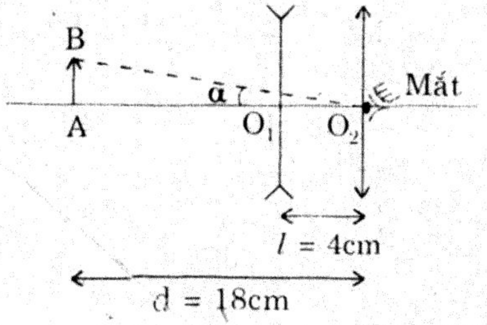
- Độ phóng đại :

$$k = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2} = -\frac{2}{d_1 + 2} \times \frac{-3(3d_1 + 4)}{\dfrac{6d_1 + 8}{d_1 + 2}} = 3 \text{ : không đổi}$$

2. *Góc trông vật – góc trông ảnh – độ bội giác :*

- Góc trông vật α :

$$\alpha \approx \mathrm{tg}\alpha = \frac{AB}{d} = \frac{20 \text{ mm}}{180 \text{ mm}} = \frac{1}{9} \text{ (Rad)}$$



Hình 157

- Thay $d_1 = 18 - 4 = 14$ (cm) vào công thức (1) đã tính ở câu 1) ta được :

$$d_2' = \overline{O_2A'} = -3(3 \times 14 + 4) = -138 \text{ (cm)}$$

Chú ý rằng ở câu 1) thì $d_1 = O_1A = O_2A - O_1O_2 = 14$ (cm)

Và $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = 3 \quad \Rightarrow \quad \overline{A'B'} = 3\overline{AB} = 3 \times 20 = 60$ (mm)

Vậy góc trông ảnh $A'B'$ là :

$$\alpha' \approx \text{tg}\alpha' = \frac{A'B'}{O_2A'} = \frac{60 \text{ mm}}{1380 \text{ mm}} = \frac{1}{23} \text{(Rad)}.$$

- Độ bội giác : $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha} = \dfrac{\frac{1}{23}}{\frac{1}{9}} = \dfrac{9}{23}$.

4.2. Cho hai thấu kính đồng trục O_1, O_2 cách nhau 4cm có tiêu cự $f_1 = -4$cm, $f_2 = 8$cm.

1. Vẽ đường đi của chùm tia sáng song song bất kì chiếu tới O_1.

2. Chứng minh rằng một vật đặt trước O_1 qua hệ luôn cho một ảnh ảo.

3. Một vật nhỏ AB đặt trước O_1, cách O_1 20cm. Xác định vị trí và độ phóng đại K của ảnh. Có nhận xét gì về K ?

4. Một người có điểm cực cận cách mắt 15cm và điểm cực viễn cách mắt 2 m, đặt mắt sau O_2. Hỏi AB phải đặt ở đâu trước O_1 để người này có thể quan sát được ảnh của vật.

(HỌC VIỆN QUÂN Y – 97)

Giải

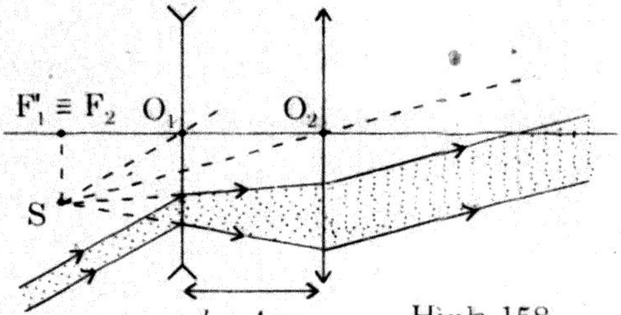
1. *Đường đi của chùm sáng song song bất kì :*

– Vẽ chùm tia tới song song bất kì chiếu đến thấu kính O_1.

– Vẽ trục phụ qua O_1 song song với chùm tới nó cắt mặt tiêu ảnh (qua F_1') tại tiêu điểm ảnh phụ S.

– Vẽ chùm ló ra khỏi thấu kính O_1 (chùm ló này kéo dài qua S).

– Theo số liệu bài toán thì $F_1' \equiv F_2$ nên S cũng là vật thật của thấu kính O_2, do đó chùm ló ra khỏi thấu kính O_2 sẽ song song với trục phụ SO_2.



Hình 158

2. *Ảnh của hệ là ảnh ảo :*

Sơ đồ tạo ảnh của vật AB qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } O_1} \underbrace{A_1B_1}_{d_1' \quad d_2} \xrightarrow{\text{TK } O_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{-4d_1}{d_1 + 4}$
- $d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d_1' = 4 + \dfrac{4d_1}{d_1 + 4} = \dfrac{8d_1 + 16}{d_1 + 4}$
- $d_2' = \overline{O_2A'} = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = 8.\dfrac{\dfrac{8d_1 + 16}{d_1 + 4}}{\dfrac{8d_1 + 16}{d_1 + 4} - 8} = 8.\dfrac{8d_1 + 16}{-16} = -4(d_1 + 2) < 0$

Vì $d_2' < 0$ với mọi giá trị d_1 nên ảnh luôn luôn ảo.

3. *Vị trí ảnh và độ phóng đại :*

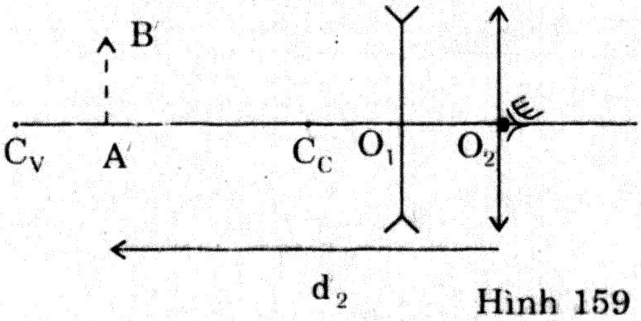
- Thay $d_1 = 20\text{cm}$ vào biểu thức d_2' vừa tính, ta được :

$$d_2' = -4(20 + 2) = -88 \text{ (cm)}$$

- Độ phóng đại : $k = \dfrac{d_1'}{d_1} \times \dfrac{d_2'}{d_2} = -\dfrac{4}{d_1 + 4} \times \dfrac{-4(d_1 + 2)}{\dfrac{8d_1 + 16}{d_1 + 4}}$

$= 2$: không phụ thuộc vào vị trí vật (d_1).

4. *Vị trí đặt vật AB để mắt quan sát được vật :*



Hình 159

Để thấy được ảnh thì A'B' phải nằm từ cực cận (C_c) đến cực viễn (C_v) của mắt, tức :

$$15 \text{ (cm)} \leq |d_2'| \leq 200 \text{ (cm)}$$

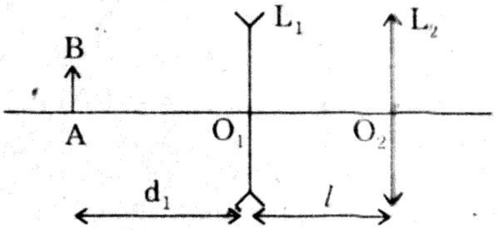
$$15. \leq 4(d_1 + 2) \leq 200$$

$$3{,}75 \le d_1 + 2 \le 50$$

$$1{,}75 \le d_1 \le 48 \text{ (cm)}$$

Vậy : vật AB phải đặt gần O_1 nhất 1,75 (cm) và xa O_1 nhất là 48 (cm).

4.3. Cho thấu kính phân kì L_1 có tiêu cự $f_1 = -18$cm và thấu kính hội tụ L_2 có tiêu cự $f_2 = 24$cm đặt cùng trục chính, cách nhau một khoảng l. Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính, trước thấu kính L_1 một khoảng d_1 (Hình vẽ 160) qua hệ hai thấu kính cho ảnh sau cùng là $A'B'$.



Hình 160

1. Cho $d_1 = 18$cm, xác định l để $A'B'$ là ảnh thật.

2. Tìm l để ảnh $A'B'$ có độ lớn không thay đổi khi cho AB di chuyển dọc theo trục chính. Tính độ phóng đại ảnh qua hệ lúc này.

(ĐH AN NINH – 97)

Giải

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } L_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } L_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

- $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{-18d_1}{d_1 + 18}$

- $d_2 = \overline{O_2A_1} = l + \dfrac{18d_1}{d_1 + 18} = \dfrac{d_1l + 18l + 18d_1}{d_1 + 18}$

- $d_2' = \overline{O_2A'} = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{\dfrac{d_1l + 18l + 18d_1}{d_1 + 18} \times 24}{\dfrac{d_1l + 18l + 18d_1}{d_1 + 18} - 24}$

$$= 24.\frac{d_1l + 18l + 18d_1}{d_1l + 18l - 6d_1 - 24 \times 18} \qquad (1)$$

a) *Xác định l để $A'B'$ là ảnh thật :*

Thay $d_1 = 18$cm vào (1) :

$$d_2' = 24.\frac{18l + 18l + 18 \times 18}{18l + 18l - 6 \times 18 - 24 \times 18} = \frac{2l + 18}{2l - 30}$$

$A'B'$ là ảnh thật khi $d_2' > 0 \rightarrow 2l - 30 > 0 \rightarrow l > 15$ (cm)

b) *Xác định l để $A'B'$ có độ lớn không đổi :*

Độ phóng đại :
$$k = \frac{d_1'}{d_1}\times\frac{d_2'}{d_2} = -\frac{18}{d_1+18}\times\frac{24.\dfrac{d_1 l+18l+18d_1}{d_1 l+18l-6d_1-24\times 18}}{\dfrac{d_1 l+18l+18d_1}{d_1+18}}$$

$$= \frac{-18\times 24}{d_1(l-6)+18l-432}$$

Để độ lớn ảnh $A'B'$ không đổi thì $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ không đổi, khi AB di chuyển (tức d_1 thay đổi) thì : $l-6=0 \Rightarrow l=6$ (cm)

Lúc đó : $k = \dfrac{-18\times 24}{18\times 6-432} = \dfrac{4}{3}$.

4.4. Cho một hệ hai thấu kính L_1 và L_2 có cùng trục chính. L_1 là thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_1 = 12$cm. Thấu kính L_2 đặt tại tiêu diện sau của L_1. Trên trục chính, trước L_1 đặt một điểm sáng S, cách L_1 8cm.

1. Xác định ảnh S_1 của S qua thấu kính L_1.

2. Xác định loại thấu kính (hội tụ hay phân kì) và độ tụ của thấu kính L_2 để chùm sáng xuất phát từ S, sau khi đi qua hệ hai thấu kính trở thành chùm sáng song song với trục chính. Vẽ hình minh họa.

3. Giữ nguyên thấu kính L_1, thay thấu kính L_2 bằng một thấu kính phân kì L_2' có độ tụ là −2 điốp. Dịch chuyển điểm sáng S trên trục chính để nhìn vào thấu kính L_2', đón chùm sáng ló sẽ thấy một ảnh cách L_2' là 25cm. Xác định vị trí của S lúc đó. Vẽ hình minh họa.

(ĐH NÔNG NGHIỆP I – 97)

Giải

1. *Vị trí ảnh S_1 của S qua thấu kính L_1 :*

$$d_1' = \overline{O_1S_1} = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{8\times 12}{8-12} = -24 \text{ (cm)}$$

S_1 là ảnh ảo cách L_1 24 (cm).

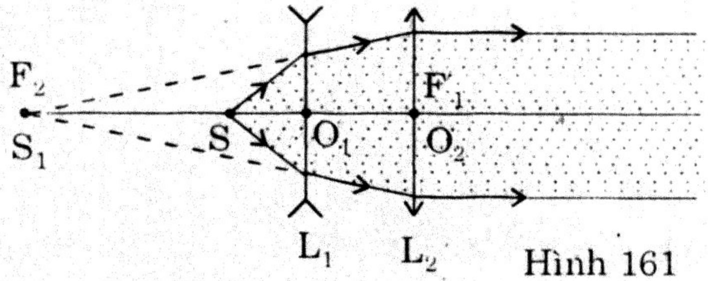
2. *Loại thấu kính L_2 và độ tụ :*

Chùm sáng ló ra khỏi thấu kính L_1 đến gặp thấu kính L_2. Đối với L_2 chùm này tựa như phát ra từ S_1, vậy S_1 là vật thật của L_2. Để chùm sáng ló ra khỏi L_2 song song với trục chính thì S_1 phải trùng với tiêu điểm vật chính F_2 của L_2.

+ F_2 nằm trước thấu kính L_2 nên L_2 là thấu kính hội tụ.

+ Tiêu cự : $f_2 = O_2F_2 = O_2O_1 + O_1S_1 = 12 + 24 = 36$ (cm)

Độ tụ : $D_2 = \dfrac{1}{f_2} = \dfrac{1}{0{,}36} \approx 2{,}78$ (điốp)



Hình 161

3. *Vị trí của S để thấy ảnh S_2 cách L'_2 25cm :*

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ (L_1, L'_2) như sau :

$$\underbrace{S}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } L_1} \underbrace{\;}_{d'_1} S_1 \underbrace{\;}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } L'_2} \underbrace{S_2}_{d'_2}$$

a) *Mắt thấy S_2 là ảnh thật :*

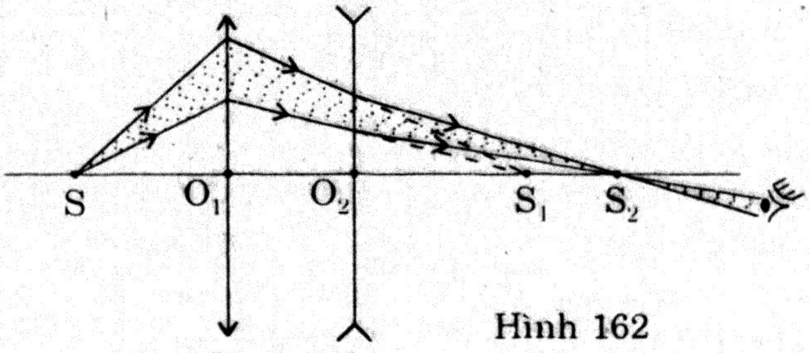
+ $d'_2 = +25$ cm

+ $d_2 = \overline{O_2S_1} = \dfrac{d'_2 f'_2}{d'_2 - f'_2}$ với $f'_2 = +\dfrac{1}{D'_2} = -\dfrac{1}{2} = -0{,}5$ m

$$= \frac{25(-50)}{25 + 50} = -\frac{50}{3} \text{ (cm)}$$

+ $d'_1 = \overline{O_1S_1} = l - d_2 = 12 - \left(-\dfrac{50}{3}\right) = \dfrac{86}{3}$ (cm)

+ $d_1 = \overline{O_1S} = \dfrac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \dfrac{\dfrac{86}{3} \times 12}{\dfrac{86}{3} - 12} = 20{,}64$ (cm)



Hình 162

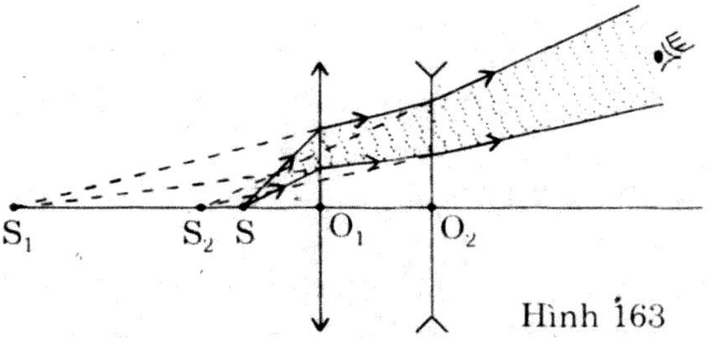
b) *Mắt thấy ảnh ảo S_2 :*

$$+\quad d'_2 = \overline{O_2S_2} = -25\text{cm}$$

$$+\quad d_2 = \overline{O_2S_1} = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{-25.(-50)}{-25+50} = 50\ (\text{cm})$$

$$+\quad d'_1 = \overline{O_1S_1} = l - d_2 = 12 - 50 = -38\ (\text{cm})$$

$$+\quad d_1 = \overline{O_1S} = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{-38 \times 12}{-38-12} = 9{,}12\ (\text{cm})$$



Hình 163

4.5. Một thấu kính phẳng – lồi L_1 làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1{,}5$ và có tiêu cự $f_1 = 20$cm. Sau thấu kính L_1 một đoạn $l = 40$cm là một thấu kính phân kì L_2 có tiêu cự $f_2 = -20$cm và đặt cùng trục chính với thấu kính L_1. Điểm sáng S nằm trên trục chính và ở trước thấu kính L_1 một đoạn d_1.

1. Tìm bán kính mặt lồi của thấu kính L_1.

2. Cho $d_1 = 25$cm, xác định vị trí, tính chất ảnh của S cho bởi hệ hai thấu kính.

3. Tìm d_1 để ánh sáng phát ra từ S, sau khi qua hệ hai thấu kính sẽ trở thành một chùm sáng song song. Vẽ hình minh họa.

(ĐH ĐÀ NẴNG – 97)

Giải

1. *Bán kính mặt lồi của L_1 :*

$$\frac{1}{f_1} = (n-1)\frac{1}{R} \quad \Rightarrow \quad R = (n-1).f_1 = (1{,}5-1) \times 20$$

$$R = 10\ (\text{cm})$$

2. *Vị trí – tính chất của S qua hệ :*

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{S}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } L_1} \underbrace{\underbrace{S_1}_{d'_1}}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } L_2} \underbrace{S_2}_{d'_2}$$

+ $d_1 = \overline{O_1S} = 25\text{ cm}$

+ $d_1' = \overline{O_1S_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{25 \times 20}{25 - 20} = 100\text{ (cm)}$

+ $d_2 = l - d_1' = 40 - 100 = -60\text{ (cm)}$

+ $d_2' = \overline{O_2S_2} = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{-60.(-20)}{-60 + 20} = -30\text{ (cm)} < 0$

S_2 là ảnh ảo nằm trước L_2 và cách L_2 30 (cm)

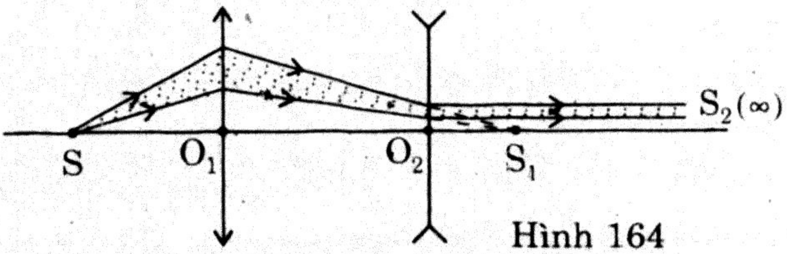
3. *Giá trị d_1 để chùm ló của hệ là chùm song song :*

+ Chùm ló ra khỏi hệ là chùm song song tức ảnh S_2 ở ∞ nên :

$d_2' = \overline{O_2S_2} = \infty \quad \Rightarrow \quad d_2 = \overline{O_2S_1} = f_2 = -20\text{ (cm)}$

+ $d_1' = \overline{O_1S_1} = l - d_2 = 40 - (-20) = 60\text{ (cm)}$

+ $d_1 = \overline{O_1S} = \dfrac{d_1'f_1}{d_1' - f_1} = \dfrac{60 \times 20}{60 - 20} = 30\text{ (cm)}$



Hình 164

4.6. **1.** Đặt vật phẳng nhỏ AB vuông góc với trục chính trước một thấu kính mỏng O_1 và cách thấu kính 8cm ta thấy có một ảnh cùng chiều với vật, cách thấu kính 4cm. Tính tiêu cự f_1 của thấu kính O_1.

2. Giữ nguyên vị trí của O_1 và AB. Sau O_1 và cách O_1 50cm đặt một màn ảnh vuông góc với trục chính của O_1. Trong khoảng giữa O_1 và màn ảnh đặt thấu kính O_2 có tiêu cự $f_2 = 12\text{cm}$ đồng trục với O_1.

a) Xác định khoảng cách O_1O_2 để ảnh của vật AB hiện rõ trên màn ảnh ? Tính hệ số phóng đại qua hệ.

b) Di chuyển thấu kính O_2 và di chuyển màn ảnh dọc theo trục chính cho tới khi trên màn có ảnh rõ nét của AB và ảnh đó có kích thước bằng một nửa AB. Xác định vị trí của thấu kính O_2 và màn ảnh khi đó.

(CĐ SƯ PHẠM HÀ NỘI – 97)

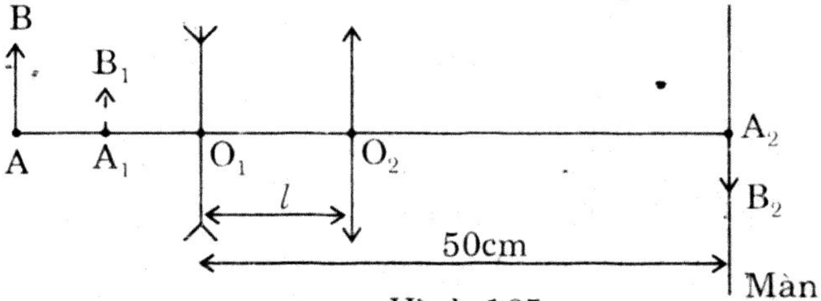
Giải

1. *Tiêu cự thấu kính :*

Ảnh cùng chiều với vật thật nên đó là ảnh ảo : $d' < 0$.

Tiêu cự thấu kính : $f_1 = \dfrac{d_1 d_1'}{d_1 + d_1'} = \dfrac{8.(-4)}{8-4} = -8$ (cm)

2. a) *Khoảng cách O_1O_2 và độ phóng đại :*



Hình 165

A_2B_2 là ảnh của A_1B_1 qua thấu kính O_2.

Áp dụng công thức : $\dfrac{1}{f_2} = \dfrac{1}{d_2} + \dfrac{1}{d_2'}$ với : $\begin{cases} d_2 = \overline{O_2A_1} = 4 + l \\ d_2' = \overline{O_2A_2} = 50 - l \end{cases}$

Ta được : $\dfrac{1}{12} = \dfrac{1}{4+l} + \dfrac{1}{50-l} = \dfrac{54}{200 + 46l - l^2}$

$$\Rightarrow \quad l^2 - 46l + 448 = 0$$

$$\Delta' = 23^2 - 448 = 9^2$$

$$l = 23 \pm 9 = \left| \begin{array}{l} 32 \text{ (cm)} \\ 14 \text{ (cm)} \end{array} \right.$$

Vậy hai thấu kính cách nhau 32cm hoặc 14cm.

Độ phóng đại : $k = \dfrac{d_1'}{d_1} \times \dfrac{d_2'}{d_2} = -\dfrac{-4}{8} . \dfrac{d_2'}{d_2}$

* Với $l = 32$cm thì : $\begin{cases} d_2' = 50 - l = 50 - 32 = 18 \text{ (cm)} \\ d_2 = 4 + l = 4 + 32 = 36 \text{ (cm)} \end{cases}$

$$k = -\frac{4}{8} \times \frac{18}{36} = -\frac{1}{4}$$

* Với $l = 14$cm thì : $\begin{cases} d_2' = 50 - l = 50 - 14 = 36 \text{ (cm)} \\ d_2 = 4 + l = 4 + 14 = 18 \text{ (cm)} \end{cases}$

$$k = -\frac{4}{8} \times \frac{36}{18} = -1$$

b) *Vị trí thấu kính O_2 và màn ảnh :*

Độ phóng đại qua hệ là : $k = \dfrac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = \dfrac{d_1'}{d_1} \times \dfrac{d_2'}{d_2} = -\dfrac{4}{8} . \dfrac{d_2'}{d_2}$ (1)

A_2B_2 là ảnh thật của A_1B_1 qua thấu kính O_2 nên A_2B_2 ngược chiều vớ A_1B_1, suy ra A_2B_2 ngược chiều với AB. Vậy :

$$\frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = -\frac{1}{2}$$

(1) cho : $-\frac{1}{2} = -\frac{4}{8}.\frac{d_2'}{d_2} \Rightarrow \frac{d_2'}{d_2} = 1$ hay $d_2' = d_2$ nên :

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2} = \frac{2}{d_2} \Rightarrow d_2 = 2f_2 = 2 \times 12 = 24\ (cm)$$: A_1B_1 các thấu kính O_2 24cm. Suy ra khoảng cách 2 thấu kính :

$$l = O_2A_1 - O_1A_1 = 24 - 4 = 20\ (cm).$$

Vậy : thấu kính O_2 cách thấu kính O_1 20 (cm) và màn cách thấu kín O_1 khoảng $O_1A_2 = l + d_2' = 20 + 24 = 44\ (cm)$.

4.7. Hai thấu kính L_1, L_2 có tiêu cự $f_1 = +20cm$, $f_2 = +30cm$ đặt đồng trụ sao cho một chùm sáng song song với trục chính khi qua hai thấu kính vẫ song song với phương ban đầu của nó.

1. Thấu kính L_1 là phẳng – lồi và chất làm thấu kính có chiết suất $n = 1,5$ Tìm bán kính mặt cong.

2. Vật sáng nhỏ AB đặt cách L_1 một đoạn $d_1 = 30cm$ (AB không cùn phía với L_2). Xác định vị trí và tính chất ảnh cuối cùng của AB qua hệ thấ kính L_1, L_2. Vẽ ảnh.

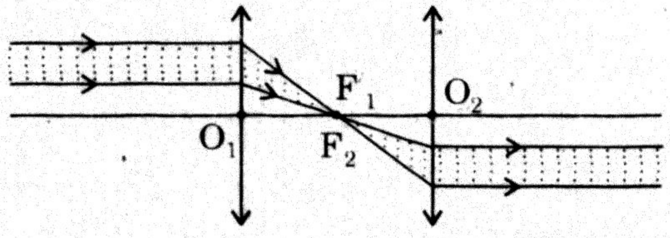
(ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI – 97

Giải

1. *Bán kính mặt cong thấu kính L_1 :*

$$\frac{1}{f_1} = (n-1).\frac{1}{R} \Rightarrow R = (n-1).f_1 = (1,5-1).20 = 10\ (cm)$$

2. *Vị trí và tính chất ảnh cuối cùng của AB qua hệ :*



Hình 166

Chùm sáng tới song song với trục chính sẽ hội tụ tại tiêu điểm F_1' cu thấu kính L_1. Để chùm ló ra khỏi L_2 cũng song song với trục chính (tức son song với phương ban đầu) thì chùm tia tới thấu kính L_2 phải qua tiêu điểm F_2. Như vậy :

$$F_1' \equiv F_2 \quad \rightarrow \quad l = O_1O_2 = f_1 + f_2 = 50\ (\text{cm})$$

Sơ đồ tạo ảnh của vật AB qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } L_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } L_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

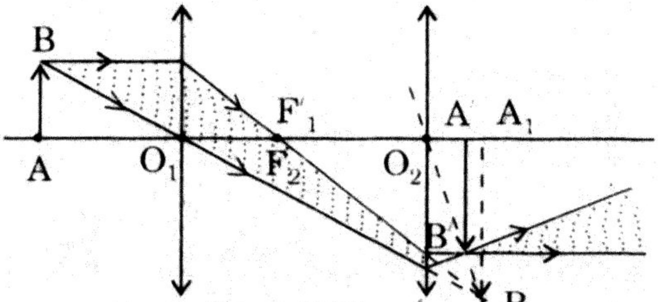
Với $d_1 = 30\ (\text{cm})$

$$+ \quad d_1' = \overline{O_1A_2} = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \frac{30 \times 20}{30 - 20} = 60\,(\text{cm})$$

$$+ \quad d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d_1' = 50 - 60 = -10\ (\text{cm})$$

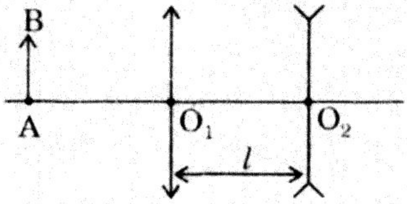
$$+ \quad d_2' = \overline{O_2A'} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-10 \times 30}{-10 - 30} = 7{,}5\,(\text{cm}) > 0$$

Vậy ảnh cuối cùng là ảnh thật cách thấu kính O_2 7,5 (cm).



Hình 167

4.8. Một thấu kính hội tụ O_1 có tiêu cự $f_1 = 30\text{cm}$ và một thấu kính phân kì O_2 có tiêu cự $f_2 = -10\text{cm}$ đặt đồng trục và cách nhau một khoảng l (Hình vẽ 168).



Hình 168

Vật sáng AB đặt trên và vuông góc với trục chính cách thấu kính O_1 một khoảng 36cm.

a) Cho $l = 10\text{cm}$. Xác định vị trí, tính chất và độ phóng đại của ảnh A_2B_2 của AB qua hệ thấu kính.

b) Cho vật AB và thấu kính O_1 cố định. Xác định những giá trị của l để ảnh A_2B_2 qua hệ sẽ cho ảnh thật.

c) Xác định l để độ lớn của ảnh A_2B_2 qua hệ không phụ thuộc vào vị trí của vật AB (AB luôn luôn vuông góc với trục chính).

(ĐH THỦY SẢN – 98)

Giải

1. *Vị trí – tính chất ảnh A_2B_2 qua hệ :*

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } O_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } O_2} \underbrace{A\ B}_{d_2'}$$

$+ \quad d_1 = \overline{O_1A} = 36\text{cm}$

$$+ \quad d_1' = \overline{O_1A_1} = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \frac{36 \times 30}{36 - 30} = 180\,(\text{cm})$$

$+ \quad d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d_1' = 10 - 180 = -170\ (\text{cm})$

$$+ \quad d_2' = \overline{O_2A_2} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-170.(-10)}{-170 + 10} = -10{,}625\,(\text{cm}) < 0$$

Vậy ảnh A_2B_2 là ảnh ảo nằm trước thấu kính O_2 và cách thấu kính O_2 10,625 (cm).

+ Độ phóng đại của ảnh :

$$k = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2} = \frac{180}{36} . \frac{-10{,}625}{-170} = 0{,}3125$$

Vậy ảnh cùng chiều với vật bằng 0,3125 lần vật.

2. *Giá trị của l để A_2B_2 là ảnh thật :*

Vì AB và thấu kính O_1 vẫn giữ cố định nên ảnh A_1B_1 cố định, tức :

$d_1' = \overline{O_1A_1} = 180\ (\text{cm})$

$+ \quad d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d_1' = l - 180$

$$+ \quad d_2' = \overline{O_2A_2} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(l - 180)(-10)}{(l - 180) + 10} = -10\frac{l - 180}{l - 170}$$

Bảng xét dấu d_2' :

l	0		170		180	
d_2'		−	‖	+	0	−

Qua bảng ta thấy : $d_2' > 0$ khi $170 < l < 180$ (cm).

Vậy : để ảnh A_2B_2 là thật thì l có giá trị từ 170cm đến 180cm.

3. *Giá trị l để độ lớn ảnh A_2B_2 không phụ thuộc vị trí vật :*

Độ phóng đại ảnh : $k = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2}$ Với :

$$+\ d_1' = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} \quad \Rightarrow \quad \frac{d_1'}{d_1} = \frac{f_1}{d_1 - f_1} = \frac{30}{d_1 - 30}$$

$$+\ d_2 = l - d_1' = l - \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = l - \frac{30d_1}{d_1 - 30} = \frac{ld_1 - 30l - 30d_1}{d_1 - 30}$$

$$+\ d_2' = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2}$$

$$\Rightarrow \frac{d_2'}{d_2} = \frac{f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-10}{\frac{ld_1 - 30l - 30d_1}{d_1 - 30} + 10} = \frac{-10(d_1 - 30)}{ld_1 - 30l - 20d_1 - 300}$$

Vậy : $$k = \frac{30}{d_1 - 30} \times \frac{-10(d_1 - 30)}{ld_1 - 30l - 20d_1 - 300}$$

$$= \frac{-300}{ld_1 - 30l - 20d_1 - 300} = \frac{-300}{(l - 20)d_1 - 30l - 300}$$

Để độ lớn ảnh A_2B_2 không đổi tức độ phóng đại K không đổi thì :

$$l - 20 = 0 \quad \Rightarrow \quad l = 20\ (\text{cm}).$$

4.9. Cho một hệ gồm hai thấu kính O_1, O_2 có cùng trục chính, tiêu cự lần lượt là $f_1 = 24$cm, $f_2 = -12$cm, đặt cách nhau khoảng $l = 36$cm. Đặt vật sáng nhỏ AB vuông góc với trục chính, ở phía trước O_1 và cách O_1 là 24cm.

1. Xác định vị trí của ảnh, tính chất và độ phóng đại của ảnh qua hệ. Vẽ ảnh.

2. Tìm vị trí của vật để ảnh qua hệ là ảnh ảo lớn gấp 3 lần vật ?

Giải

1. *Vị trí – tính chất – độ phóng đại của ảnh :*

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK } O_1} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{TK } O_2} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

$$+\ d_1' = \overline{O_1A_1} = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \frac{24d_1}{d_1 - 24}$$

+ $d_2 = \overline{O_2A_1} = l - d_1' = 36 - \frac{24d_1}{d_1 - 24} = \frac{12d_1 - 864}{d_1 - 24}$.

+ $d_2 = \overline{O_2A'} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = -12.\frac{\frac{12d_1 - 864}{d_1 - 24}}{\frac{12d_1 - 864}{d_1 - 24} + 12} = -\frac{\frac{12d_1 - 864}{d_1 - 24}}{\frac{d_1 - 72}{d_1 - 24} + 1}$

$$= -\frac{12d_1 - 864}{2d_1 - 96} \qquad (1)$$

+ Độ phóng đại ảnh :

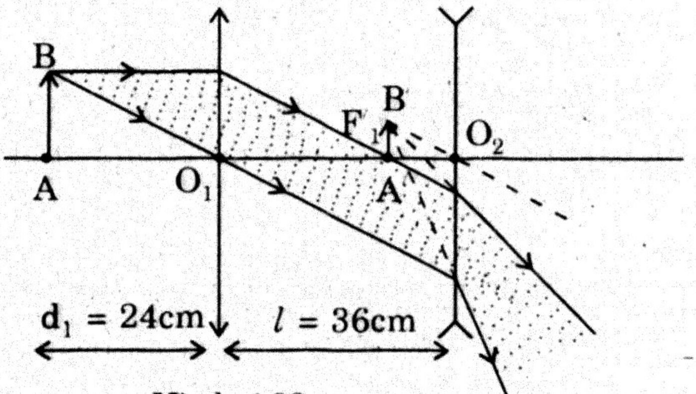
$$k = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2} = \frac{24}{d_1 - 24} \times \frac{-\frac{12d_1 - 864}{2d_1 - 96}}{\frac{12d_1 - 864}{d_1 - 24}} = -\frac{24}{2d_1 - 96} \qquad (2)$$

Thay $d_1 = 24$ (cm) lần lượt vào (1) và (2) ta được :

$$d_2' = -\frac{12 \times 24 - 864}{2 \times 24 - 96} = \frac{576}{-48} = -12\,(\text{cm})$$

$$k = -\frac{24}{2 \times 24 - 96} = \frac{1}{2}$$

Vậy : A'B' là ảnh ảo, nằm trước thấu kính O_2 12cm và có độ phóng đại ảnh là $\frac{1}{2}$.



Hình 169

2. *Vị trí vật để ảnh ảo lớn gấp 3 lần vật :*

+ Để ảnh ảo : $d_2' = -\frac{12d_1 - 864}{2d_1 - 96} < 0$

Bảng xét dấu d_2' :

d_1		48		72	
d_2'	−	‖	+	0	−

Vậy ảnh ảo ứng với : $d_1 < 48$ (cm) hoặc $d_1 > 72$ (cm)

+ Để ảnh lớn gấp 3 lần vật thì :

$$|k| = \left|\frac{-24}{2d_1 - 96}\right| = 3 \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \dfrac{-24}{2d_1 - 96} = 3 \Rightarrow d_1 = 44\text{ (cm)} < 48\text{ (cm)} \\ \dfrac{24}{2d_1 - 96} = 3 \Rightarrow d_1 = 52\text{ (cm)} \end{array}\right.$$

Kết hợp 2 điều kiện ảnh ảo và cao gấp 3 lần vật, d_1 có giá trị thích hợp là : $d_1 = 44$ (cm)

4.10. Cho một thấu kính hội tụ L_1 tiêu cự $f_1 = 15$cm. Trước thấu kính người ta dịch chuyển vật sáng nhỏ AB sao cho vật sáng AB luôn luôn vuông góc với trục chính.

1. Xác định khoảng cách ngắn nhất từ vật sáng AB đến ảnh thực của nó.

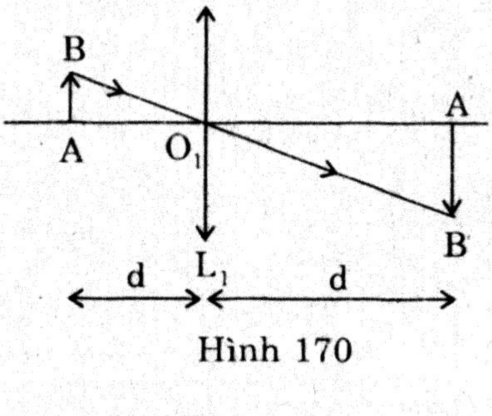
2. Vật đặt tại vị trí thứ nhất cho ảnh thực lớn gấp 6 lần vật. Khi dịch chuyển vật một đoạn x so với vị trí thứ nhất, ảnh thu được cũng là thực và lớn gấp 2 lần vật. Xác định độ dịch chuyển x.

3. Sau thấu kính L_1 đặt một thấu kính L_2 có tiêu cự $f_2 = 10$cm có cùng trục chính với L_1, khoảng cách giữa hai thấu kính là l. Chứng minh rằng với $l > 25$cm có thể tìm được hai vị trí đặt vật AB trước thấu kính L_1 để hai ảnh tương ứng của vật AB cho bởi hệ quang học trên có độ lớn như nhau.

(ĐH XÂY DỰNG – 98)

Giải

1. *Khoảng cách ngắn nhất từ vật đến ảnh :*



Hình 170

Khoảng cách giữa vật và ảnh là :

$$l = d + d' = d + \frac{df_1}{d - f_1} = \frac{d^2}{d - f_1} = \frac{d^2}{d - 15}$$

l phụ thuộc vào d và nó có giá trị nhỏ nhất khi đạo hàm của nó theo d bằng không :

$$(l)' = \frac{2d(d-15) - d^2.1}{(d-15)^2} = \frac{d(d-30)}{(d-15)^2} = 0$$

Với $d \neq 0 \quad \Rightarrow \quad d = 30$ (cm)

Lúc đó : $(l)_{\min} = \dfrac{30^2}{30-15} = 60$ (cm)

Vậy khoảng cách ngắn nhất từ vật sáng AB đến ảnh thật của nó là 60 (cm).

2. *Độ dịch chuyển x của vật sáng AB :*

- Vị trí thứ nhất : $\dfrac{d_1'}{d_1} = 6 \quad \Rightarrow \quad d_1' = 6d_1$

Và : $\dfrac{1}{f_1} = \dfrac{1}{d_1} + \dfrac{1}{d_1'}$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{6d_1} = \frac{7}{6d_1} \quad \Rightarrow \quad d_1 = \frac{7 \times 15}{6} = 17{,}5 \text{ (cm)}$$

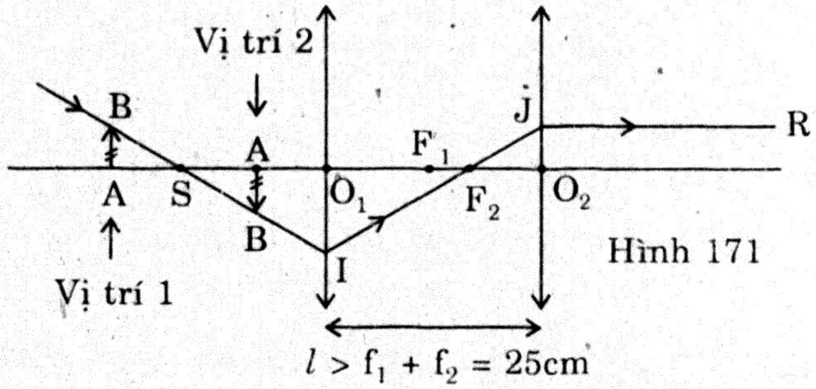
- Vị trí thứ hai : $\dfrac{d_2'}{d_2} = 2 \quad \Rightarrow \quad d_2' = 2d_2$

Và : $\dfrac{1}{f_1} = \dfrac{1}{d_2} + \dfrac{1}{d_2'}$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{2d_2} = \frac{3}{2d_2} \quad \Rightarrow \quad d_2 = \frac{3 \times 15}{2} = 22{,}5 \text{ (cm)} > d_1$$

Vậy vật AB dịch xa thấu kính khoảng $x = d_2 - d_1 = 5$ (cm).

3. *Với $l > 25$cm có hai vị trí của vật AB để hai ảnh có độ lớn bằng nhau :*



Hình 171

Với $l > 25$cm tức $l > f_1 + f_2$ tiêu điểm ảnh F_1' của thấu kính O_1 nằm gần thấu kính O_1 hơn tiêu điểm vật F_2 của thấu kính O_2. Vì vậy ta có thể tìm được một ví trí điểm sáng S nằm trước thấu kính O_1 (vẽ trên trục chính) để tia sáng qua S (tia SI) sau khi qua O_1 sẽ hội tụ về F_2. Tia này đến gặp thấu kính O_2 và cho tia ló JR song song với trục chính. Với 2 vị trí của vật AB nằm đối xứng qua S sao cho B nằm trên tia SI (còn A nằm trên trục chính) thì 2 ảnh B' của chúng sẽ cùng nằm trên tia ló JR (còn A' nằm trên trục chính), nghĩa là 2 ảnh này có cùng độ lớn. Như vậy ta có thể tìm được 2 vị trí đặt vật AB (đối xứng qua S) để cho 2 ảnh của chúng có độ lớn bằng nhau.

4.11. Một thấu kính mỏng, phẳng – lõm bằng thủy tinh, chiết suất $n = 1,5$; mặt lõm có bán kính $R = 10$cm. Thấu kính được đặt trong không khí sao cho trục chính thẳng đứng và mặt lõm hướng lên trên. Một điểm sáng S đặt trên trục chính, phía trên thấu kính và cách thấu kính một khoảng d.

1. Biết rằng ảnh S' của S cho bởi thấu kính nằm cách S một khoảng 18cm. Tìm d. Vẽ hình.

2. Giữ thấu kính và S cố định, đổ một chất lỏng vào mặt lõm thấu kính, người ta thấy rằng ảnh cuối cùng của S nằm cách S một khoảng 45cm. Tìm chiết suất n' của chất lỏng, biết rằng $n' < 2$. Vẽ hình theo kết quả tìm được.

(ĐH KINH TẾ QUỐC DÂN – 1996)

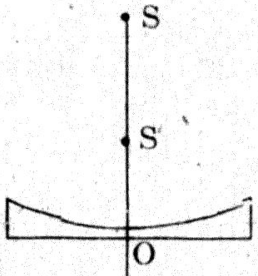
Giải

1. *Giá trị d :*

Tiêu cự thấu kính là f cho bởi :

$$\frac{1}{f_1} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\begin{cases} n = 1,5 \\ R_1 = -10\text{cm (dấu "–" vì mặt lõm)} \\ R_2 = \infty \quad \text{(mặt phẳng)} \end{cases}$$



Hình 172.a

nên : $$\frac{1}{f_1} = (1,5-1)\left(-\frac{1}{10} + \frac{1}{\infty}\right) = -\frac{0,5}{10}$$

$$\rightarrow \quad f_1 = -20\text{ cm}$$

$f_1 < 0$ nên đó là thấu kính phân kì, vì vậy ảnh S' (của điểm sáng S) là ảnh ảo nằm gần thấu kính hơn S như (H.172a).

Ta có : $OS - OS' = SS' = 18$cm

Với : $$\begin{cases} OS = d \\ OS' = |d'| = -d' \text{ (Dấu "–" vì } d' < 0) \end{cases}$$

nên : $d + d' = 18$cm

Ta lại có : $$d' = \frac{d.f_1}{d - f_1} = \frac{-20d}{d + 20}$$

nên : $d - \dfrac{20d}{d+20} = 18$

$$\frac{d^2}{d+20} = 18$$

$$d^2 - 18d - 360 = 0$$

$$\Delta' = 21^2$$

$$d = 9 \pm 21 = \left| \begin{array}{l} 30 \text{ cm} \\ -12 \text{ cm} \end{array} \right.$$

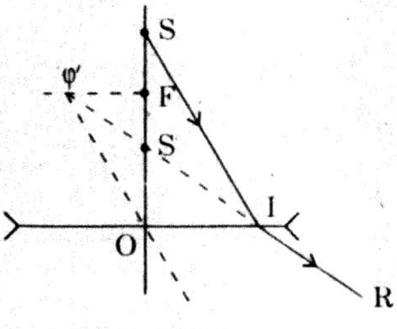
Vì S là điểm sáng nên $d > 0$, vậy : $d = 30$ (cm).

- *Vẽ hình :*

– Vẽ tia tới SI bất kì.

– Qua quang tâm O vẽ trục phụ nó cắt mặt tiêu ảnh (là mặt phẳng vuông góc với trục chính tại F') tại tiêu điểm phụ φ'.

– Tia ló IR có đường kéo dài qua φ' cắt trục chính tại S' : đó là ảnh của S phải tìm.



Hình 172.b

2. *Giá trị chiết suất n' của chất lỏng :*

Chất lỏng tạo thành một thấu kính mỏng, phẳng – lồi có tiêu cự f_2 cho bởi :

$$\frac{1}{f_2} = (n' - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\text{Với : } \begin{cases} n' : \text{Chiết suất chất lỏng } (n' < 2) \\ R_1 = +10\text{cm (mặt lồi)} \\ R_2 = \infty \quad \text{(mặt phẳng)} \end{cases}$$

$$\text{nên : } \frac{1}{f_2} = (n' - 1)\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{\infty}\right) = \frac{n'}{10} - \frac{1}{10}$$

Chất lỏng và thấu kính thủy tinh tạo thành hệ gồm 2 thấu kính ghép sát và đồng trục nên tiêu cự f của hệ cho bởi :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = -\frac{0{,}5}{10} + \frac{n'}{10} - \frac{1}{10} = \frac{n' - 1{,}5}{10} \qquad (1)$$

Mặt khác qua hệ thấu kính có tiêu cự f này, vị trí điểm sáng S và ảnh S' của nó cho bởi :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \qquad \text{Với } d = OS = 30\text{cm}$$

nên : $\frac{1}{f} = \frac{1}{30} + \frac{1}{d'}$ (2)

(1) và (2) cho : $\frac{n' - 15}{10} = \frac{1}{30} + \frac{1}{d'}$ (3)

Vì đề không nói rõ S' là ảnh thật hay ảo nên ta chia làm 2 trường hợp

a) *S' là ảnh thật :*

$$d' = OS' = SS' - OS = 45 - 30 = 15cm$$

Phương trình (3) cho :

$$\frac{n' - 15}{10} = \frac{1}{30} + \frac{1}{15} = \frac{3}{30} = \frac{1}{10}$$

Suy ra : $n' = 1 + 15 = 2,5 > 2$: không nhận.

b) *S' là ảnh ảo :*

S' nằm cùng phía với S và cách S 45cm, trong lúc đó OS = 30cm nên S' phải nằm xa thấu kính hơn S. Vậy :

$$d' = -OS' = -(OS + SS') = -(30 + 45) = -75\ (cm)$$

Phương trình (3) cho :

$$\frac{n' - 15}{10} = \frac{1}{30} - \frac{1}{75}$$

$$\frac{n'}{10} = \frac{1,5}{10} + \frac{1}{30} - \frac{1}{75}$$

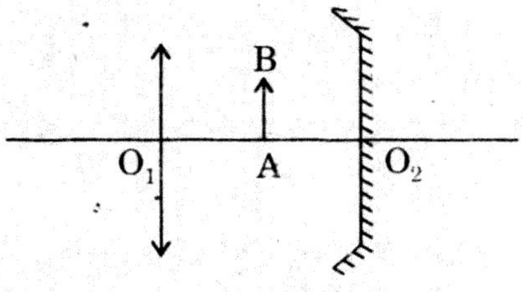
$$n' = 1,7.$$

Chương V

HỆ THẤU KÍNH VÀ GƯƠNG

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. *Vật đặt giữa thấu kính và gương*



Tùy theo chùm sáng phát ra từ vật AB chiếu về phía thấu kính hay chiếu về phía gương mà ta thu được các ảnh khác nhau như sau :

a) Chùm sáng chiếu về phía thấu kính sẽ tạo ảnh A'B' theo sơ đồ :

$$\underbrace{AB}_{d} \xrightarrow{TK} \underbrace{A'B'}_{d}$$

Với : $d' = \dfrac{d.f_{TK}}{d - f_{TK}}$

b) Chùm sáng chiếu về phía gương, phản xạ trên gương và cuối cùng ló ra khỏi thấu kính theo sơ đồ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow[(O_1)]{\text{Gương}} \underbrace{A_1B_1}_{d_1' \quad d_2} \xrightarrow[(O_2)]{TK} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

Với : + $d_1 = \overline{O_2A}$

+ $d_1' = \overline{O_2A_1} = \dfrac{d_1f_G}{d_1 - f_G}$ (hoặc $d_1' = -d_1$: Gương phẳng)

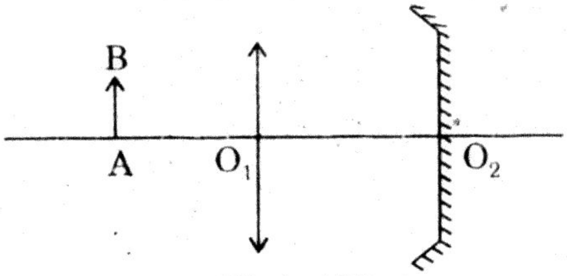
+ $d_2 = \overline{O_1A_1} = O_1O_2 - d_1'$

+ $d_2' = \overline{O_1A'} = \dfrac{d_2.f_{TK}}{d_2 - f_{TK}}$

+ Độ phóng đại :

$$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} \times \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \left(-\frac{d_2'}{d_2}\right)\left(-\frac{d_1'}{d_1}\right) = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2}$$

2. ***Vật đặt trước thấu kính*** **(về phía không có gương)**



Hình 173

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow[(O_1)]{TK} \underbrace{\;}_{d_1'}A_1B_1\underbrace{\;}_{d_2} \xrightarrow[(O_2)]{\text{Gương}} \underbrace{\;}_{d_2'}A_2B_2\underbrace{\;}_{d_3} \xrightarrow[(O_1)]{TK} \underbrace{A'B'}_{d_3'}$$

Với : + $d_1 = \overline{O_1A}$

+ $d_1' = \overline{O_1A_1} = \dfrac{d_1f_{TK}}{d_1 - f_{TK}}$

+ $d_2 = \overline{O_2A_1} = O_1O_2 - d_1'$

+ $d_2' = \overline{O_2A_2} = \dfrac{d_2.f_G}{d_2 - f_G}$ (hoặc $d_2' = -d_2$: Gương phẳng)

+ $d_3 = \overline{O_1A_2} = O_1O_2 - d_2'$

+ $d_3' = \overline{O_1A'} = \dfrac{d_3.f_{TK}}{d_3 - f_{TK}}$

+ **Độ phóng đại :** $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{A_2B_2}} \times \dfrac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}} \times \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$

$$= \left(-\frac{d_3'}{d_3}\right)\left(-\frac{d_2'}{d_2}\right)\left(-\frac{d_1'}{d_1}\right) = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2} \times \frac{d_3'}{d_3}$$

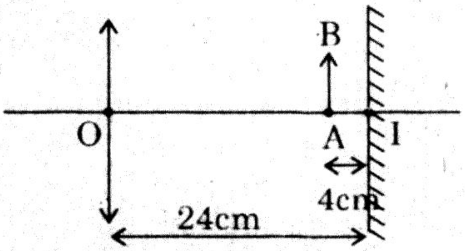
BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Cho một thấu kính hội tụ O có tiêu cự f = 12cm và một gương phẳng G đặt vuông góc với trục chính của O, cách O một khoảng a = 24cm sao cho mặt phản xạ của gương hướng vào O. Một vật phẳng nhỏ AB đặt vuông góc với trục chính của thấu kính, giữa thấu kính và gương, khoảng cách từ vật đến gương là 4cm.

Xác định vị trí các ảnh, nêu tính chất các ảnh này cùng độ phóng đại ảnh. Vẽ hình.

Giải

Tùy theo chiều truyền của chùm sáng phát ra từ vật AB chiếu đến thấu kính hay chiếu đến gương trước mà ta thu được các ảnh như sau :



Hình 174

a) Chùm sáng phát ra từ vật AB chiếu về phía thấu kính, sau khi ló ra chúng sẽ tạo ảnh A'B' :

$$\underbrace{AB}_{d} \xrightarrow[(O)]{TK} \underbrace{A'B'}_{d'}$$

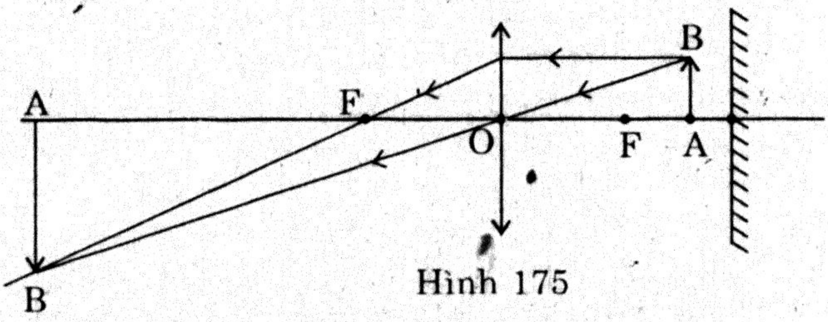
Vị trí ảnh A'B' :

$$d' = \overline{OA'} = \frac{d.f}{d-f} \qquad \text{Với } d = \overline{OA} = 20 \text{ (cm)}$$

$$= \frac{20 \times 12}{20 - 12} = 30 \text{ (cm)} > 0$$

Vậy A'B' là ảnh thật cách thấu kính 30cm (về phía không có gương). Độ phóng đại của ảnh :

$$k_1 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = -\frac{30}{20} = -1,5$$



Hình 175

b) Chùm sáng phát ra từ vật AB chiếu về phiá gương, phản xạ đến gặp thấu kính và chùm ló tạo ảnh A''B'' theo sơ đồ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow[I]{\text{Gương}} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow[O]{TK} \underbrace{A''B''}_{d_2'}$$

Vị trí ảnh A_1B_1 : $d_1' = \overline{IA_1} = -d_1 = -4$ (cm)

A_1B_1 là vật của thấu kính và cách thấu kính :

$$d_2 = \overline{OA_1} = a - d_1' = 24 - (-4) = 28 \text{ (cm)}$$

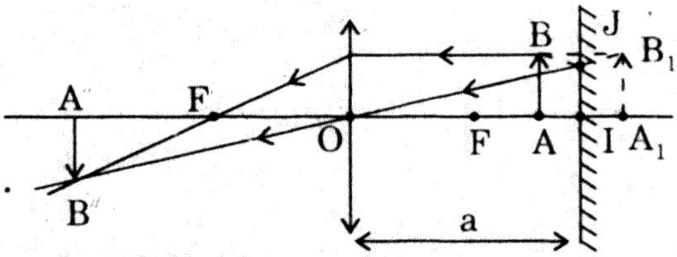
Vị trí ảnh A''B'' : $d_2' = \overline{OA''} = \dfrac{d_2 f}{d_2 - f} = \dfrac{28 \times 12}{28 - 12} = 21 \text{ (cm)} > 0$

$d'_2 > 0$ nên $A''B''$ là ảnh thật nằm cách thấu kính 21cm (về phía không có gương).

Độ phóng đại của ảnh :

$$k_2 = \frac{\overline{A''B''}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A''B''}}{\overline{A_1B_1}} \times \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \left(-\frac{d'_2}{d_2}\right)\left(-\frac{d'_1}{d_1}\right) = -\frac{21}{28} \times \frac{4}{4} = -\frac{3}{4}$$

Vậy : Ảnh ngược chiều và bằng 3/4 lần vật.



Hình 176

Cách vẽ ảnh $A''B''$ như sau :

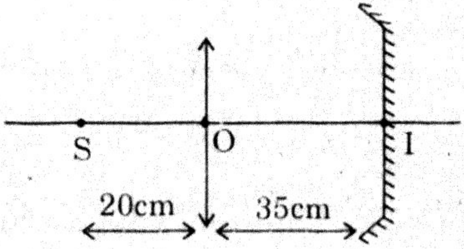
– Vẽ ảnh A_1B_1 của AB qua gương phẳng (A_1B_1 đối xứng với AB qua gương phẳng).

– Vẽ tia tới BJ ⊥ gương phẳng (có đường kéo dài qua B_1), tia phản xạ song song với trục chính, tia ló ra khỏi thấu kính qua tiêu điểm F'.

– Vẽ tia tới BK đến gương phẳng sao cho tia phản xạ qua O, tia này không đổi phương khi ló ra khỏi thấu kính.

– Hai tia ló ra khỏi thấu kính cắt nhau tại B''. Kẻ ảnh $A''B''$ vuông góc với trục chính.

Bài tập 2. Một hệ gồm một thấu kính hội tụ, tiêu cự f = 12cm đặt cùng trục và trước một gương cầu lõm bán kính 10cm. Mặt phản xạ quay về phía thấu kính và khoảng cách giữa gương và thấu kính là a = 35cm. Một điểm sáng S được đặt trên trục chính, trước thấu kính và cách thấu kính một khoảng bằng 20cm. (Hình vẽ 177)



Hình 177

Xác định vị trí và tính chất ảnh cuối cùng của S. Vẽ hình.

Giải

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{S}_{d_1} \xrightarrow[(O)]{TK} \underbrace{S_1}_{d'_1 \; d_2} \xrightarrow[(I)]{\text{Gương}} \underbrace{S_2}_{d'_2 \; d_3} \xrightarrow[(O)]{TK} \underbrace{S'}_{d'_3}$$

Vì S nằm trên trục chính nên các ảnh cũng nằm trên trục chính. Vị trí các ảnh này lần lượt được xác định như sau :

+ $d_1' = \overline{OS_1} = \dfrac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{20 \times 12}{20 - 12} = 30\,(\text{cm})$

+ $d_2 = \overline{IS_1} = a - d_1' = 35 - 30 = 5\,(\text{cm})$: S_1 nằm trước gương và cách gương 5cm. Vậy S_1 trùng với tiêu điểm F_2 của gương (vì tiêu cự gương là $f_2 = \dfrac{R}{2} = 5$ cm)

+ $d_2' = \overline{IS_2} = \dfrac{d_2.f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{5 \times 5}{5 - 5} = \infty$: Ảnh S_2 ở ∞ (điều này dễ hiểu vì S_1 nằm ở tiêu điểm của gương).

+ $d_3 = \overline{OS_2} = a - d_2' = -\infty$

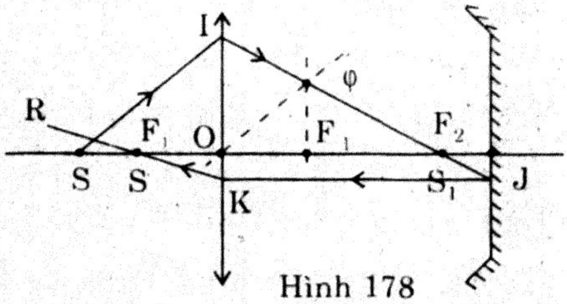
+ $\dfrac{1}{f_1} = \dfrac{1}{d_3} + \dfrac{1}{d_3'} = \dfrac{1}{\infty} + \dfrac{1}{d_3'} \Rightarrow$ $d_3' = \overline{OS'} = f_1 = 12\,(\text{cm})$: ảnh S nằm tại tiêu điểm F_1 của thấu kính và đó là ảnh thật.

- *Vẽ hình :*

– Vẽ tia tới SI bất kì đến thấu kính O.

– Qua O vẽ trục phụ song song với SI nó cắt tiêu diện ảnh (tại F_1') ở φ: đó là tiêu điểm phụ.

– Nối Iφ, nó cắt trục chính ở S_1 (cũng là tiêu điểm F_2 của gương) và gặp gương ở J.



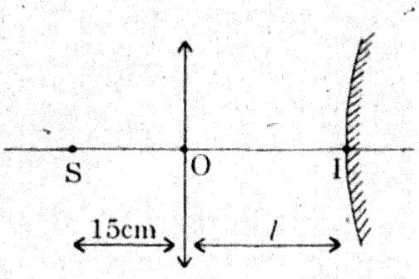
Hình 178

– Vẽ tia phản xạ JK song song với trục chính gặp thấu kính tại K.

– Vẽ tia ló KR qua tiêu điểm F_r : đó cũng là ảnh S'.

Bài tập 3. Một thấu kính hội tụ tiêu cự 10cm và gương cầu lồi tiêu cự 12cm đặt cùng trục chính và cách nhau *l*. Điểm sáng S trên trục chính cách thấu kính 15cm về phía không có gương.

Xác định *l* để ảnh S' qua hệ trùng với S. Minh họa đường đi của một tia sáng phát ra từ S bằng hình vẽ.



Hình 179

Giải

Sơ đồ tạo ảnh của S qua hệ :

$$\underbrace{S}_{d_1} \xrightarrow[\text{(O)}]{\text{TK}} \underbrace{S_1}_{d_1' \quad d_2} \xrightarrow[\text{(I)}]{\text{Gương}} \underbrace{S_2}_{d_2' \quad d_3} \xrightarrow[\text{(O)}]{\text{TK}} \underbrace{S'}_{d_3'}$$

Vì S nằm trên trục chính nên các ảnh cũng nằm trên trục chính.

Vị trí các ảnh lần lượt được xác định như sau :

$$+\quad d_1' = \overline{OS_1} = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{15 \times 10}{15 - 10} = 30\,(\text{cm})$$

$$+\quad d_2 = \overline{IS_1} = l - d_1' = l - 30$$

$$+\quad d_2' = \overline{IS_2} = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(l-30)(-12)}{(l-30)+12} = -12.\frac{l-30}{l-18}$$

$$+\quad d_3 = \overline{OS_2} = l - d_2' = l + 12.\frac{l-30}{l-18} = \frac{l^2 - 6l - 360}{l-18}$$

$$+\quad d_3' = \overline{OS'} = \frac{d_3 f_1}{d_3 - f_1} = \frac{\dfrac{l^2 - 6l - 360}{l-18} \times 10}{\dfrac{l^2 - 6l - 360}{l-18} - 10} = 10\frac{l^2 - 6l - 360}{l^2 - 16l - 180}$$

Vì $S' \equiv S$ nên : $\overline{OS'} = \overline{OS}$ hay : $d_3' = d$

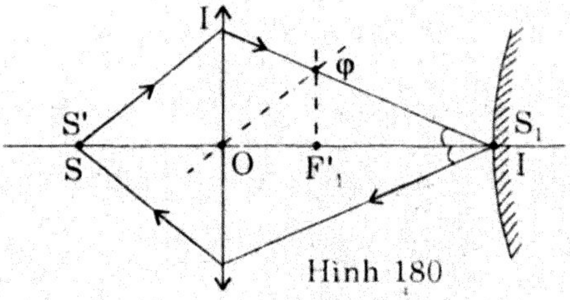
$$10\frac{l^2 - 6l - 360}{l^2 - 16l - 180} = 15 \qquad \Rightarrow \qquad l^2 - 36l + 180 = 0$$

$$\Rightarrow \qquad l = 30\ (\text{cm}) \ \text{ và } \ l = 6\ (\text{cm})$$

- *Hình vẽ :*

a) *Với $l = 30cm$:* $\quad d_2 = \overline{IS_1} = l - 30 = 0$

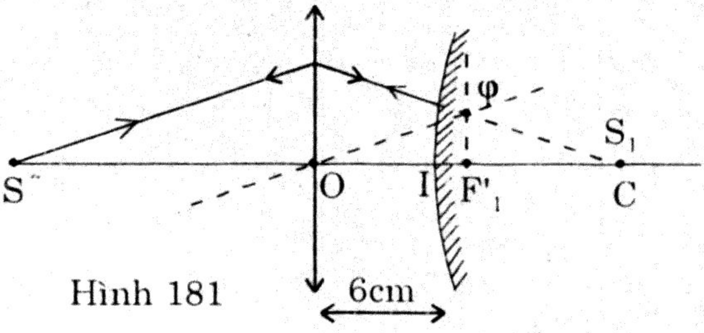
S₁ trùng với đỉnh I của gương.



Hình 180

b) *Với $l = 6$ (cm) :* $\quad d_2 = \overline{IS_1} = 6 - 30 = -24$

S₁ trùng với tâm C của gương cầu lồi.



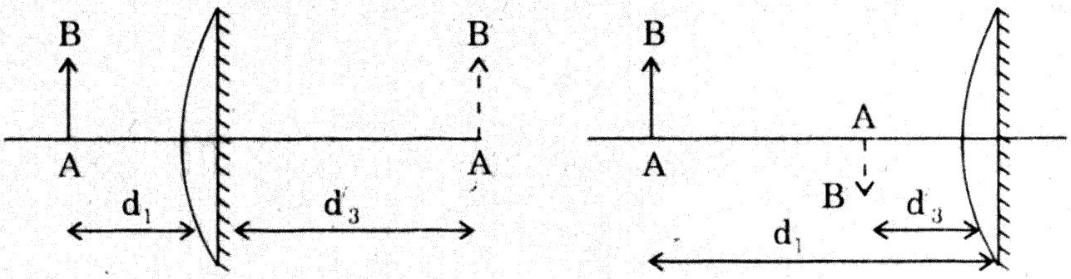
Hình 181

ĐỀ THI

5.1. Một thấu kính phẳng – lồi bằng thủy tinh có tiêu cự f = 24cm. Mạ m phẳng của thấu kính một lớp bạc. Một người quay mặt cầu của thấu kính phía mình và nhìn ảnh của mắt mình qua lớp mạ nói trên để soi gương điều chỉnh sao cho ảnh này nằm cách mắt 32cm ở phía trước. Tính khoả cách giữa mắt và thấu kính.

(ĐHQG TP HỒ CHÍ MINH – 9

Giải



(Hình a) : Ảnh A'B' ảo (Hình b) : A'B' là ảnh thật

Hình 182

Mặt phẳng đã được mạ bạc có tác dụng như một gương phẳng n thấu kính bây giờ có tác dụng như một thấu kính hội tụ tiêu cự f = 24c ghép sát với gương phẳng (khoảng cách giữa thấu kính và gương là $l = 0$)

Sơ đồ tạo ảnh của mắt AB qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow{\text{TK}} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow{\text{Gương}} \underbrace{A_2}_{d_2'}\underbrace{B_2}_{d_3} \xrightarrow{\text{TK}} \underbrace{A'B'}_{d_3'}$$

Gọi d_1 là khoảng cách từ AB đến thấu kính thì :

+ Vị trí ảnh A_1B_1 đối với thấu kính :

$$d_1' = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{24d_1}{d_1 - 24}$$

+ A_1B_1 là vật của gương phẳng được xác định bởi :

$$d_2 = l - d_1' = 0 - d_1' = -\frac{24d_1}{d_1 - 24}$$

+ Vị trí ảnh A_2B_2 của A_1B_1 qua gương phẳng :

$$d_2' = -d_2 = \frac{24d_1}{d_1 - 24}$$

+ A_2B_2 cũng là vật của thấu kính được xác định bởi :

$$d_3 = l - d_2' = 0 - d_2' = -\frac{24d_1}{d_1 - 24}$$

+ Vị trí ảnh $A'B'$ của A_2B_2 qua thấu kính :

$$d_3' = \frac{d_3 f}{d_3 - f} = \frac{-\dfrac{24d_1}{d_1 - 24} \times 24}{-\dfrac{24d_1}{d_1 - 24} - 24} = \frac{12d_1}{d_1 - 12}$$

Để mắt thấy được ảnh của mình thì ảnh phải nằm trước mắt và có thể :

a) $A'B'$ nằm phía sau gương, lúc đó $A'B'$ là ảnh ảo nên $d_3' < 0$ (Hình a).

Khoảng cách giữa mắt AB và ảnh $A'B'$ là :

$$d_1 + |d_3'| = 32 \qquad \text{hay} \qquad d_1 - d_3' = 32 \qquad (1)$$

b) $A'B'$ nằm phía trước gương (giữa mắt và gương), lúc đó $A'B'$ là ảnh thật nên $d_3' > 0$ (Hình b).

Khoảng cách giữa mắt và ảnh của nó : $d_1 - d_3' = 32$ (2)

Như vậy cả 2 trường hợp, biểu thức (1) và (2) giống nhau và viết :

$$d_1 - d_3' = 32$$

$$d_1 - \frac{12d_1}{d_1 - 12} = 32 \quad \Rightarrow \quad d_1^2 - 56d_1 + 384 = 0$$

$$\Delta' = 28^2 - 384 = 400 = 20^2$$

$$d_1 = 28 \pm 20 = \left| \begin{array}{l} 48\ (\text{cm}) \\ 8\ (\text{cm}) \end{array} \right.$$

Để xem 2 nghiệm d_1 vừa tính trên có thích hợp hay không ta xét chiều của ảnh, muốn vậy ta xét độ phóng đại từng trường hợp :

- Với $d_1 = 48\text{cm}$: $d_1' = \dfrac{24 \times 48}{48 - 24} = 48\ (\text{cm})$

$$d_2 = -d_1' = -48\ (\text{cm})$$

$$d_2' = -d_2 = 48\ (\text{cm})$$

$$d_3 = -d_2' = -48\ (\text{cm})$$

- $d_3' = \dfrac{12 \times 48}{48 - 12} = 16\ (\text{cm})$: Ảnh thật.

Độ phóng đại : $k = -\dfrac{48}{48} \cdot \dfrac{48}{-48} \cdot \dfrac{16}{-48} = -\dfrac{1}{3} < 0$:

Ảnh và vật trái chiều. Điều này không thích hợp với việc soi gương.

- Với $d_1 = 8cm$ thì : $d_1' = \dfrac{24 \times 8}{8 - 24} = -12(cm)$

$$d_2 = -d_1' = 12(cm)$$

$$d_2' = -d_2 = -12(cm)$$

$$d_3 = -d_2' = 12(cm)$$

$$d_3' = \frac{12 \times 8}{8 - 12} = -24(cm) \text{ : Ảnh ảo.}$$

Độ phóng đại : $k = -\dfrac{d_1'}{d_1} \times \dfrac{d_2'}{d_2} \times \dfrac{d_3'}{d_3} = -\dfrac{-12}{8} \times \dfrac{-12}{12} \times \dfrac{-24}{12} = 3 > 0$

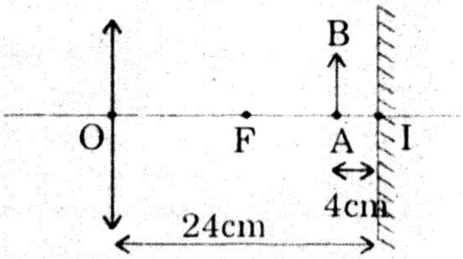
Ảnh và vật cùng chiều. Điều này thích hợp với việc soi gương.

Vậy : Mắt cách thấu kính 8cm.

5.2. Cho một thấu kính hội tụ O và một gương phẳng G đặt vuông góc vớ trục chính của O, cách O một khoảng 24cm sao cho mặt phản xạ hướng về O Một vật AB đặt vuông góc với trục chính của O, giữa O và G, cách G mộ đoạn 4cm. Vật AB cho hai ảnh thật, ảnh nọ lớn gấp hai lần ảnh kia. Xá định tiêu cự của thấu kính.

(ĐH ĐẠI CƯƠNG TP. HỒ CHÍ MINH – 96

Giải



Hình 183

- Chùm sáng phát ra từ vật AB chiếu về phía thấu kính tạo ảnh A'B' theo sơ đồ :

$$\underbrace{AB}_{d} \xrightarrow[O]{TK} \underbrace{A'B'}_{d'}$$

Vị trí ảnh A'B' :

$$d' = \frac{d.f}{d - f} \quad \text{với } d = \overline{OA} = 24 - 4 = 20cm$$

$$= \frac{20.f}{20 - f} \quad \text{với } f < 20cm \text{ vì } d' > 0$$

Độ phóng đại ảnh : $k_1 = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\dfrac{d'}{d} = -\dfrac{f}{20 - f}$

- Chùm sáng phát ra từ vật AB chiếu về phía gương phẳng, bị phản x sau đó gặp thấu kính và ló ra tạo ảnh A''B'' theo sơ đồ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow[(I)]{\text{Gương}} \underset{d_1' \quad d_2}{A_1B_1} \xrightarrow[(O)]{TK} \underbrace{A''B''}_{d_2'}$$

+ $d_1 = \overline{IA} = 4\,(cm)$

+ $d_1' = \overline{IA_1} = -4\,(cm)$

+ $d_2 = \overline{OA_1} = a - d_1' = 24 - (-4) = 28\,(cm)$

+ $d_2' = \overline{OA''} = \dfrac{d_2 f}{d_2 - f} = \dfrac{28.f}{28 - f}$

Độ phóng đại ảnh : $k_2 = \dfrac{\overline{A''B''}}{\overline{AB}} = \dfrac{d_1'}{d_1} \times \dfrac{d_2'}{d_2} = \dfrac{-4}{4} \times \dfrac{f}{28 - f} = -\dfrac{f}{28 - f}$

Lập tỉ số : $\dfrac{k_1}{k_2} = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{A''B''}} = \left(-\dfrac{f}{20 - f}\right) \times \left(-\dfrac{28 - f}{f}\right) = \dfrac{28 - f}{20 - f} > 1$

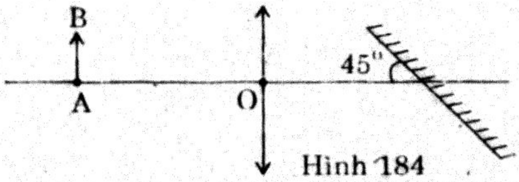
$\Rightarrow \quad \overline{A'B'} > \overline{A''B''}$ hay : $\overline{A'B'} = 2\overline{A''B''}$

Vì vậy : $2 = \dfrac{28 - f}{20 - f} \quad \Rightarrow \quad f = 12\,(cm).$

5.3. **1.** Một thấu kính L có tiêu cự f = 20cm. Đặt vật AB = 1cm vuông góc với trục chính và cách thấu kính một đoạn d. Hãy nói rõ vị trí, tính chất và độ lớn của ảnh khi d = 30cm và d = 10cm.

2. Đặt thêm một thấu kính L$'$ có tiêu cự f$'$ = 25cm và cùng trục, cách L khoảng a = 10cm. Vật AB đặt trước hệ hai thấu kính, cách L một khoảng d = 30cm. Xác định vị trí, tính chất và độ lớn của ảnh cho bởi hệ. Vẽ chùm tia sáng từ vật tới ảnh cuối cùng.

3. Thay vào vị trí L$'$ bằng một gương phẳng G đặt nghiêng một góc 45° so với trục L, hướng mặt phản xạ về phía L (hình vẽ 184). Tìm vị trí, tính chất và độ lớn ảnh qua hệ. Vẽ chùm tia sáng từ vật tới ảnh.



Hình 184

(ĐH VĂN LANG – 96)

Giải

1. *Vị trí – tính chất và độ lớn ảnh :*

Vị trí ảnh : $d' = \dfrac{d.f}{d - f} = \dfrac{20d}{d - 20}$

Độ lớn ảnh : $\overline{A'B'} = -\dfrac{d'}{d} \times \overline{AB} = -\dfrac{20}{d - 20} \times 1$

- Với d = 30 (cm) :

+ $d' = \dfrac{20 \times 30}{30 - 20} = 60\,(cm)$

+ $d' > 0$: ảnh thật

+ $\overline{A'B'} = -\dfrac{20}{30-20} = -2(\text{cm})$: Ảnh cao 2cm và ngược chiều với vật

- Với d = 10 (cm) :

+ $d' = \dfrac{20 \times 10}{10-20} = -20(\text{cm})$

+ $d' < 0$: ảnh ảo.

+ $\overline{A'B'} = -\dfrac{20}{10-20} = 2(\text{cm})$: Ảnh cao 2 (cm) và cùng chiều với vật.

2. *Vị trí – tính chất và độ lớn ảnh qua hệ (L, L')* :

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ 2 thấu kính :

$$\underbrace{AB}_{d_1}\xrightarrow[(O)]{\text{TK L}}\underbrace{A_1}_{d'_1}\underbrace{B_1}_{d_2}\xrightarrow[(O')]{\text{TK L}}\underbrace{A'B'}_{d'_2}$$

+ $d_1 = \overline{OA} = 30(\text{cm})$

+ $d'_1 = \overline{OA_1} = \dfrac{d_1 f}{d_1 - f} = \dfrac{30 \times 20}{30-20} = 60(\text{cm})$

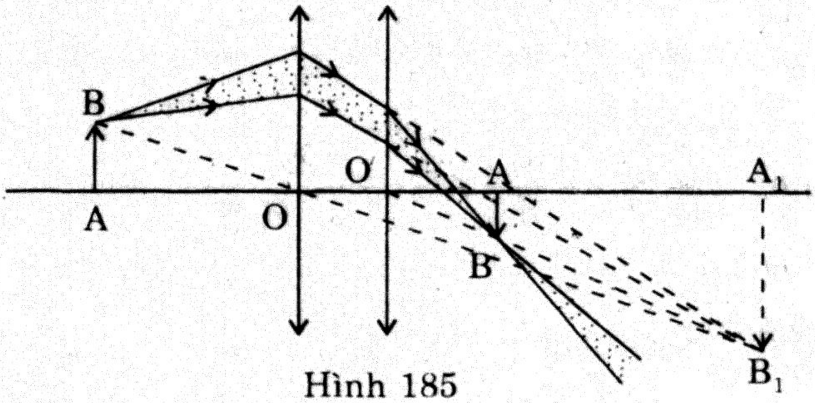
+ $d_2 = \overline{O'A_1} = a - d'_1 = 10 - 60 = -50(\text{cm})$

+ $d'_2 = \overline{O'A'} = \dfrac{d_2 f'}{d_2 - f'} = \dfrac{-50 \times 25}{-50-25} = +\dfrac{50}{3}(\text{cm})$

+ $k = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{d'_1}{d_1} \times \dfrac{d'_2}{d_2} = \dfrac{60}{30} . \dfrac{-50/3}{-50} = -\dfrac{2}{3} \Rightarrow \overline{A'B'} = -\dfrac{2}{3}\overline{AB} = -\dfrac{2}{3}(\text{cm})$

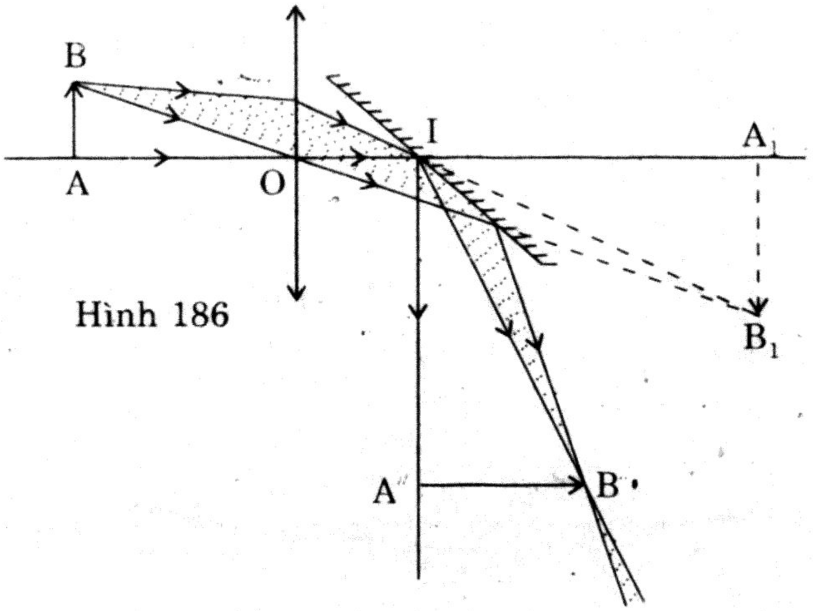
Vậy A'B' là ảnh thật, cao $\dfrac{2}{3}$(cm), cách thấu kính L' $\dfrac{50}{3}$ (cm).

Đường đi của chùm sáng phát ra từ vật tới ảnh cuối cùng được vẽ như sau :



Hình 185

3. *Vị trí – tính chất – độ lớn ảnh qua hệ (L, gương) :*



Hình 186

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ thấu kính O và gương :

$$AB \xrightarrow{\text{TK O}} A_1B_1 \xrightarrow{\text{Gương}} A''B''$$

Vị trí A_1B_1 như đã tìm trên : $OA_1 = 60$ (cm).

A_1B_1 nằm sau gương phẳng với $IA_1 = OA_1 - OI = 50$ (cm).

A_1B_1 là vật ảo của gương phẳng nên cho ảnh thật $A''B''$.

$A''B''$ và A_1B_1 đối xứng qua gương. Vì gương nghiêng góc 45° so với trục chính $A''B''$ song song với trục chính và cách trục chính :

$$IA'' = IA_1 = 50 \text{ (cm)}.$$

Độ lớn ảnh : $A''B'' = A_1B_1 = \left|\frac{d_1'}{d_1}\right| \times AB = \frac{60}{30} \times 1 = 2 \text{ (cm)}$

Vậy : $A''B''$ là ảnh thật, song song với trục thấu kính và cách trục này 50cm, cao 2cm.

5.4. Cho một thấu kính hội tụ tiêu cự 30cm trước thấu kính trên trục chính đặt một điểm sáng S cách thấu kính 40cm.

1. Xác định vị trí ảnh của S qua thấu kính.

2. Phía sau thấu kính đặt thêm một gương phẳng G cắt trục chính của thấu kính tại H cách thấu kính 90cm. Xác định vị trí ảnh cuối cùng của S cho bởi hệ thống

a) Khi gương phẳng vuông góc với trục chính.

b) Khi gương phẳng nghiêng với trục chính một góc 45°.

(ĐH THỦY SẢN – NHA TRANG – 97)

Giải

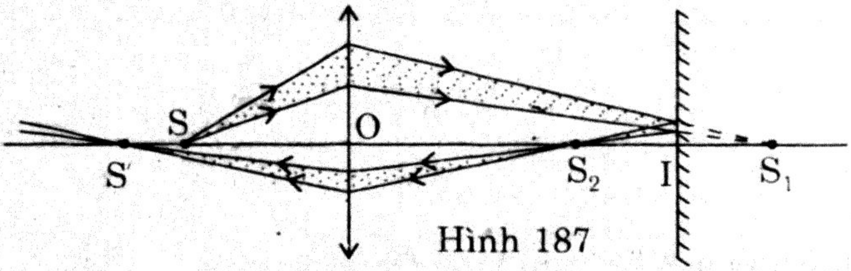
1. *Vị trí ảnh của S qua thấu kính :*

$$d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{40 \times 30}{40 - 30} = 120\,(\text{cm})$$

Vì S nằm trên trục chính nên ảnh của nó cũng nằm trên trục chính và cách thấu kính 120cm (phía sau thấu kính).

2. *Vị trí ảnh của S qua hệ thấu kính và gương :*

a) *Gương phẳng vuông góc với trục chính :*



Hình 187

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{S}_{d_1} \xrightarrow[(O)]{\text{TK}} \underbrace{\ }_{d_1'} S_1 \underbrace{\ }_{d_2} \xrightarrow[(I)]{\text{Gương}} \underbrace{\ }_{d_2'} S_2 \underbrace{\ }_{d_3} \xrightarrow[(O)]{\text{TK}} \underbrace{S'}_{d_3'}$$

+ $d_1 = \overline{OS} = 40\,(\text{cm})$

+ $d_1' = \overline{OS_1} = \dfrac{d_1 f}{d_1 - f} = \dfrac{40 \times 30}{40 - 30} = 120\,(\text{cm})$

+ $d_2 = \overline{IS_1} = a - d_1' = 90 - 120 = -30\,(\text{cm})$

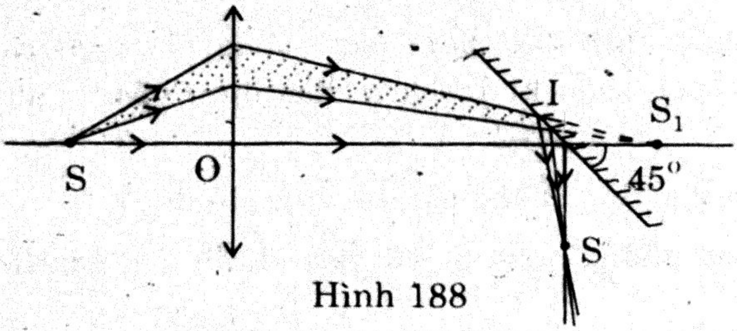
+ $d_2' = \overline{IS_2} = -d_2 = 30\,(\text{cm})$

+ $d_3 = \overline{OS_2} = a - d_2' = 90 - 30 = 60\,(\text{cm})$

+ $d_3' = \overline{OS'} = \dfrac{d_3 f}{d_3 - f} = \dfrac{60 \times 40}{60 - 40} = 60\,(\text{cm})$

Vậy S' là ảnh thật nằm trên trục chính và cách thấu kính 60cm (nằm cùng phía với điểm sáng S).

b) *Gương phẳng nghiêng góc 45° so với trục chính :*



Hình 188

Chùm sáng sau khi ló ra khỏi thấu kính (tạo ảnh S_1) sẽ gặp gương. Vì gương nghiêng với trục chính góc 45° nên chùm phản xạ sẽ tạo ảnh thật S và đó cũng là ảnh của hệ.

S'' đối xứng với S_1 qua gương nghiêng góc 45° nên :

$$IS'' = IS_1 = 30\ (cm)$$

Vậy ảnh S'' nằm cách thấu kính 90cm và cách trục chính 30cm.

5.5. Cho một thấu kính hội tụ có tiêu cự f_1 = 10cm. Một vật sáng nhỏ AB hình mũi tên đặt vuông góc với trục chính của thấu kính tại A và cách thấu kính một đoạn 5cm. Sau thấu kính (khác phía vật AB) đặt một gương cầu lõm tại tiêu điểm của thấu kính, sao cho thấu kính và gương có trục chính trùng nhau. Biết quang tâm của thấu kính trùng với tâm của gương cầu.

1. Xác định khoảng cách từ ảnh của vật AB tạo bởi quang hệ đến gương và tính chất, độ phóng đại của ảnh này.

2. Vẽ ảnh của vật AB tạo bởi quang hệ.

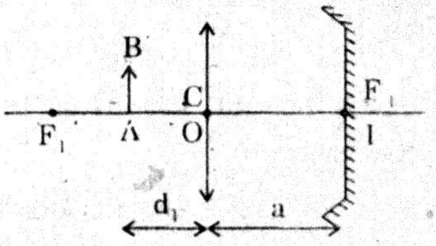
(ĐH SƯ PHẠM – QUI NHƠN – 97)

Giải

Theo đề : đỉnh gương I trùng với F_1'

tâm gương C trùng với O

Nên dựa vào hình vẽ trên ta có :



Hình 189

Tiêu cự gương : $f_2 = \dfrac{R}{2} = \dfrac{f_1}{2} = 5\,(cm)$

Khoảng cách thấu kính và gương :

$$a = OI = 10\ (cm)$$

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underset{d_1}{\underbrace{AB}} \xrightarrow[(O)]{TK} \underset{d_1'}{\underbrace{A_1}}\underset{d_2}{\underbrace{B_1}} \xrightarrow[(I)]{Gương} \underset{d_2'}{\underbrace{A_2}}\underset{d_3}{\underbrace{B_2}} \xrightarrow[(O)]{TK} \underset{d_3'}{\underbrace{A'B'}}$$

+ $d_1 = \overline{OA} = 5\,(cm)$

+ $d_1' = \overline{OA_1} = \dfrac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{5 \times 10}{5 - 10} = -10\,(cm)$

+ $d_2 = \overline{IA_1} = a - d_1' = 10 - (-10) = 20\,(cm)$

+ $d_2' = \overline{IA_2} = \dfrac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{20 \times 5}{20 - 5} = \dfrac{20}{3}\,(cm)$

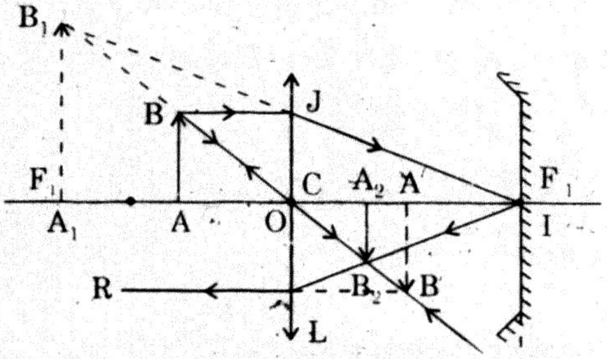
+ $d_3 = \overline{OA_2} = a - d'_2 = 10 - \frac{20}{3} = \frac{10}{3}$ (cm)

+ $d'_3 = \frac{d_3 f_1}{d_3 - f_1} = \frac{\frac{10}{3} \times 10}{\frac{10}{3} - 10} = -5$ (cm)

Ảnh $A'B'$ là ảnh ảo (tức nằm về phía gương) và cách thấu kính 5cm, do đó nó cách gương cũng 5cm.

+ Độ phóng đại ảnh : $k = -\frac{d'_1}{d_1} \times \frac{d'_2}{d_2} \times \frac{d'_3}{d_3} = -1$

Vậy ảnh $A'B'$ ngược chiều và lớn bằng vật.



Hình 190

Cách vẽ ảnh :

+ Vẽ 2 tia tới BJ song song với trục chính và tia BO qua quang tâm, chúng kéo dài cắt nhau tại B. Vẽ ảnh ảo A_1B_1 (A_1 trùng với tiêu điểm F_1 của thấu kính).

+ 2 tia ló ra khỏi thấu kính đến gặp gương tại I và K. Tia JI cho tia phản xạ IL và tia CK cho tia phản xạ KC (vì C là tâm gương cầu). Hai tia phản xạ IL và KC cắt nhau tại B_2. Vẽ ảnh thật A_2B_2.

+ 2 tia ló ra khỏi thấu kính lần nữa là LR song song trục chính và OB. Hai tia này kéo dài cắt nhau tại B'. Vẽ ảnh ảo $A'B'$.

5.6. **1.** Một điểm sáng S đặt tại điểm I trên trục chính của thấu kính hội tụ L có tiêu cự f = 30cm. Điểm I cách thấu kính 40cm. Xác định vị trí ảnh S_1 của nó.

2. Cho điểm S dao động điều hòa với chu kì 2S trên quĩ đạo thẳng AB = 2cm vuông góc với trục chính của L. Điểm I là trung điểm của AB. Lấy gốc thời gian lúc S bắt đầu dao động từ điểm I. Viết phương trình dao động của S. Xác định chiều dài quĩ đạo và viết phương trình dao động ảnh S_1.

3. Đặt tại vị trí ảnh S_1 của S (đã xác định ở trên) một gương lõm có tiêu cự f_G = 52cm cùng trục chính với thấu kính L, mặt phản xạ quay về phía S. Thay thấu kính L bằng thấu kính hội tụ L_1 đặt cùng trục chính với gương.

Khi dịch chuyển L_1 trong khoảng S và gương sao cho trục chính L_1 và gương luôn trùng nhau thì thấy có 3 vị trí của L_1 mà chùm sáng từ S sau khi qua thấu kính, gương và thấu kính lần thứ hai lại trở về S. Xác định tiêu cự của thấu kính L_1 và ba vị trí của nó.

(ĐH KIẾN TRÚC – HÀ NỘI – 98)

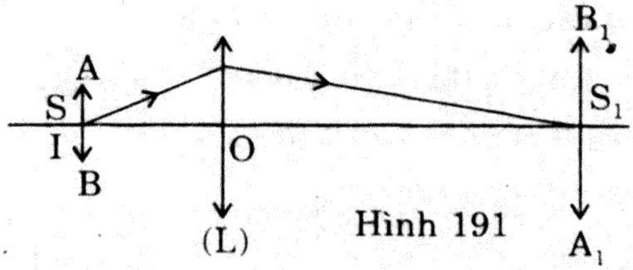
Giải

1. *Vị trí ảnh S_1 của S qua thấu kính :*

$$d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{40 \times 30}{40-30} = 120\,(\text{cm})$$

Vậy S_1 là ảnh thật nằm trên trục chính và cách thấu kính 120cm (về phía không có vật).

2. *Phương trình dao động của S và S_1 – chiều dài quĩ đạo của S_1 :*



Hình 191

a) Phương trình dao động điều hòa của S : $y_S = a\sin(\omega t + \varphi)$

Với : • $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi$ (Rad/s)

• $a = \frac{AB}{2} = 1\,(\text{cm})$

• t = 0 lúc S bắt đầu dao động từ I và giả sử lúc đó S đi theo chiều dương : $y_S = 0$ và $V_S > 0$

$$\begin{cases} 0 = a\sin\varphi \\ V = \omega a\cos\varphi > 0 \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} \sin\varphi = 0 \\ \cos\varphi > 0 \end{cases} \leftrightarrow \varphi = 0$$

Vậy : $y_S = 1.\sin\pi.t$ (cm)

b) S dao động trên đoạn thẳng AB thì S_1 dao động trên đoạn A_1B_1 là ảnh của AB. Áp dụng công thức độ phóng đại :

$$\frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d} = -\frac{120}{40} = -3$$

$$\Rightarrow \quad \overline{A_1B_1} = -3.\overline{AB} = -3 \times 2 = -6\,(\text{cm})$$

Vậy chiều dài quĩ đạo của ảnh S_1 là $A_1B_1 = 6$ (cm).

c) S dao động điều hòa thì ảnh S_1 cùng dao động điều hòa với cùng tần số nên : $y_{S_1} = a'\sin(\omega t + \varphi')$

Với : • $a' = \frac{A_1B_1}{2} = 3\,(\text{cm})$

• $t = 0$: $y_{S_1} = 0$ và $V_{S_1} < 0$

$$\begin{cases} 0 = a' \sin\varphi' \\ V_{S_1} = \omega a' \cos\varphi' < 0 \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} \sin\varphi' = 0 \\ \cos\varphi' < 0 \end{cases} \leftrightarrow \varphi' = \pi$$

Vậy : $y_{S_1} = 3\sin(\pi t + \pi) = -3\sin\pi t\ (\text{cm})$

3. *Tiêu cự thấu kính L_1 và ba vị trí đặt L_1 :*

Ta có sơ đồ tạo ảnh :

$$S \xrightarrow{\text{TK}} S_1 \xrightarrow{\text{Gương}} S_2 \xrightarrow{\text{TK}} S'$$

Để S và S' trùng nhau thì S_1 và S_2 cũng trùng nhau. Chú ý rằng S_1 và S_2 là vật và ảnh của gương nên chúng chỉ trùng nhau khi :

- hoặc chúng trùng tại đỉnh gương
- hoặc chúng trùng tại tâm gương.

a) *S_1 và S_2 trùng tại đỉnh gương :*

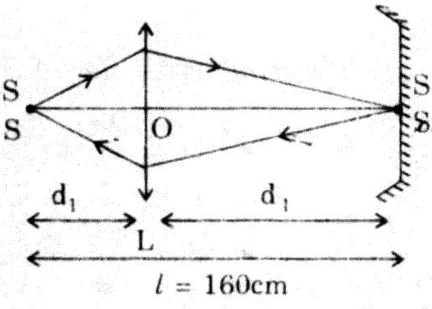
Ta có : $d_1 + d_1' = l$

$$d_1 + \frac{d_1 f}{d_1 - f} = l$$

$$\Rightarrow \quad \frac{d_1^2}{d_1 - f} = l$$

$$\Rightarrow \quad d_1^2 - l d_1 + l f = 0$$

$$\Delta = l^2 - 4lf = l(l - 4f)$$



Hình 192

Ta sẽ tìm được vị trí đặt thấu kính nếu phương trình (1) có nghiệm số tức :

$$\Delta = l(l - 4f) \ge 0 \quad \Rightarrow \quad f \le \frac{l}{4} = \frac{160}{4} = 40\,(\text{cm})$$

- Nếu f = 40cm ta tìm được 1 vị trí thấu kính đó là : $d_1 = \frac{l}{2}$
- Nếu f < 40cm ta tìm được 2 vị trí thấu kính, đó là : $d_1 = \frac{l \pm \sqrt{l(l - 4f)}}{2}$

b) *S_1 và S_2 trùng tại tâm gương :*

Tương tự như trên : điểm sáng S cho ảnh thật S_1 với :

$$l' = SS_1 = 160 - 104 = 56\,(\text{cm})$$

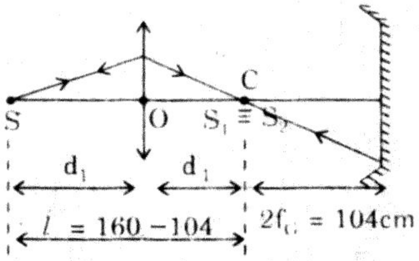
Thì tiêu cự gương phải thỏa mãn : $f \le \frac{l'}{4} = \frac{56}{4} = 14\,(cm)$

- Nếu f = 14cm thì ta tìm được 1 vị trí đặt thấu kính đó là

$$d_1 = \frac{l'}{2} = \frac{56}{2} = 28\,(cm)$$

- Nếu f < 14cm thì ta tìm được 2 vị trí đặt thấu kính cho bởi :

$$d_1 = \frac{l' \pm \sqrt{l'(l' - 4f)}}{2}$$



Hình 193

Tổng kết cả 2 trường hợp a và b ta thấy tùy theo giá trị của tiêu cự thấu kính mà ta có thể tìm được số vị trí đặt thấu kính như sau :

f		14 (cm)		40 (cm)	
Số vị trí đặt thấu kính	4	3	2	1	không

Vậy với f = 14cm ta sẽ tìm được 3 vị trí đặt thấu kính đúng theo yêu cầu bài toán, đó là :

- 2 vị trí ứng với S_1 và S_2 trùng với đỉnh gương (f < 40cm) :

$$+ \quad d_1 = \frac{l + \sqrt{l(l - 4f)}}{2} = \frac{160 + \sqrt{160(160 - 4 \times 14)}}{2} \approx 144{,}5\,(cm)$$

$$+ \quad d_1 = \frac{l - \sqrt{l(l - 4f)}}{2} = \frac{160 - \sqrt{160(160 - 4 \times 14)}}{2} \approx 15{,}5\,(cm)$$

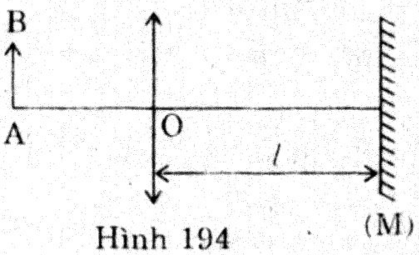
- 1 vị trí ứng với S_1 và S_2 trùng với tâm gương : $d_1 = \frac{l'}{2} = 28\,(cm)$.

5.7. Vật sáng nhỏ AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ O tiêu cự f = 30cm cho ảnh ảo cao 3cm. Di chuyển AB một đoạn 10cm dọc theo trục chính thì ảnh thu được vẫn là ảnh ảo và cao 6cm.

1. Tìm khoảng cách từ AB đến O trước khi AB di chuyển. Tính chiều cao AB.

2. Sau O đặt thêm gương phẳng M cách O một khoảng l = 37,5cm như hình vẽ. Tìm vị trí đặt vật để ảnh cuối cùng là ảnh thật ở đúng vị trí vật.

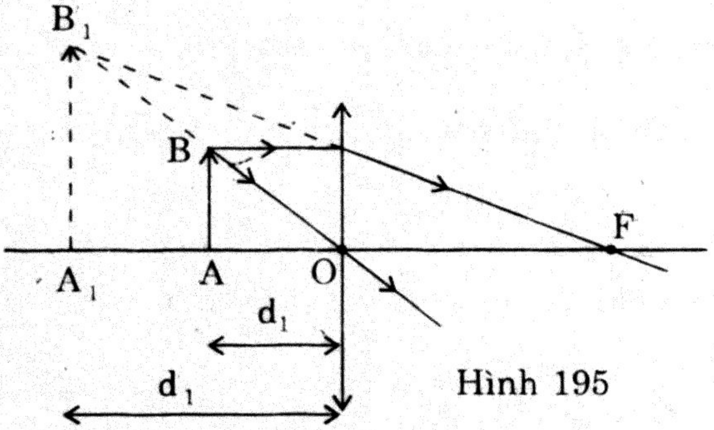
(ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI – 98)



Hình 194

Giải

1. *Khoảng cách từ AB đến O trước khi di chuyển – chiều cao AB :*



Hình 195

+ Trước khi di chuyển :

$$d_1' = \frac{d_1 f}{d_1 - f} \quad \Rightarrow \quad \frac{d_1'}{d_1} = \frac{f}{d_1 - f}$$

Độ phóng đại của ảnh :

$$k_1 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d_1'}{d_1} = -\frac{f}{d_1 - f} = \frac{f}{f - d_1} = \frac{30}{30 - d_1} \tag{1}$$

+ Tương tự, sau khi vật di chuyển :

$$k_2 = \frac{\overline{A''B''}}{\overline{AB}} = -\frac{d_2'}{d_2} = -\frac{f}{d_2 - f} = \frac{f}{f - d_2} = \frac{30}{30 - d_2}$$

Lập tỉ số 2 độ phóng đại :

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A''B''}} = \frac{30 - d_2}{30 - d_1} \tag{2}$$

Vì cả 2 ảnh $A'B'$ và $A''B''$ đều ảo nên chúng cùng chiều, do đó :

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A''B''}} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \tag{3}$$

(2) và (3) cho : $$\frac{30 - d_2}{30 - d_1} = \frac{1}{2} \tag{4}$$

Như vậy : $$\frac{30 - d_2}{30 - d_1} < 1 \quad \Rightarrow \quad 30 - d_2 < 30 - d_1$$

$$\Rightarrow \quad d_2 > d_1$$

nên : $d_2 = d_1 + 10$ và thay vào (4) :

$$\frac{30 - (d_1 + 10)}{30 - d_1} = \frac{1}{2}$$

$$40 - 2d_1 = 30 - d_1 \quad \Rightarrow \quad d_1 = 10 \text{ (cm)}$$

Thay $\overline{A'B'} = 3$ (cm) và $d_1 = 10$ (cm) vào (1) ta được :

$$\frac{3}{AB} = \frac{30}{30-10} = \frac{3}{2} \quad \Rightarrow \quad \overline{AB} = 2\ (\text{cm})$$

Vậy : vật AB cao 2cm và lúc đầu cách thấu kính 10cm.

2. *Vị trí đặt vật để ảnh cuối cùng ở đúng vị trí đặt vật :*

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow[(O)]{\text{TK}} \underbrace{A_1}_{d_1'}\underbrace{B_1}_{d_2} \xrightarrow[(I)]{\text{Gương}} \underbrace{A_2}_{d_2'}\underbrace{B_2}_{d_3} \xrightarrow[(O)]{\text{TK}} \underbrace{A'B'}_{d_3'}$$

Với : $+\ d_1 = \overline{OA}$

$$+\ d_1' = \overline{OA_1} = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{30d_1}{d_1 - 30}$$

$$+\ d_2 = \overline{IA_1} = l - d_1' = 37{,}5 - \frac{30d_1}{d_1 - 30} = \frac{7{,}5d_1 - 1125}{d_1 - 30}$$

$$+\ d_2' = \overline{IA_2} = -d_2 = \frac{1125 - 7{,}5d_1}{d_1 - 30}$$

$$+\ d_3 = \overline{OA_2} = l - d_2' = 37{,}5 - \frac{1125 - 7{,}5d_1}{d_1 - 30} = \frac{45d_1 - 2250}{d_1 - 30}$$

$$+\ d_3' = \overline{OA'} = \frac{d_3 f}{d_3 - f} = 30.\frac{\dfrac{45d_1 - 2250}{d_1 - 30}}{\dfrac{45d_1 - 2250}{d_1 - 30} - 30} = \frac{45d_1 - 2250}{0{,}5d_1 - 45}$$

Để ảnh cuối cùng A'B' là ảnh thật ở đúng vị trí vật AB thì $\overline{OA} = \overline{OA'}$, tức :

$$d_1 = d_3' = \frac{45d_1 - 2250}{0{,}5d_1 - 45} \quad \Rightarrow \quad 0{,}5d_1^2 - 45d_1 = 45d_1 - 2250$$

$$\Rightarrow \quad d_1^2 - 180d_1 + 4500 = 0$$

$$\Delta' = 90^2 - 4500 = 3600 = 60^2$$

$$d_1 = 90 \pm 60 = \left| \begin{array}{l} 150\ (\text{cm}) \\ 30\ (\text{cm}) \end{array} \right.$$

Vậy : Có thể đặt vật cách thấu kính 150cm hoặc 30cm.

5.8. Cho một gương cầu lõm có bán kính R = 40cm, đường rìa gương là đường tròn. Người ta đặt một màn ảnh vuông góc với trục chính của gương trước mặt phản xạ của gương.

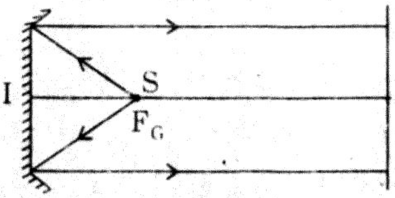
a) Một điểm sáng S được xê dịch trên trục chính trong khoảng giữa gương và màn ảnh. Tìm vị trí của điểm sáng S đối với gương để trên màn luôn có vết sáng tròn, bán kính bằng bán kính đường rìa gương với mọi vị trí của màn.

b) Đặt thêm một thấu kính hội tụ tiêu cự f = 20cm cách gương một khoảng 40cm (theo thứ tự : gương – S – thấu kính – màn). Giữ S tại vị trí cách thấu kính 15cm. Phải đặt màn ở đâu để hứng được ảnh cho bởi hệ gương – thấu kính.

(ĐH CẦN THƠ – 98)

Giải

1. *Vị trí điểm sáng S trên màn có vết sáng hình tròn với mọi vị trí của màn :*



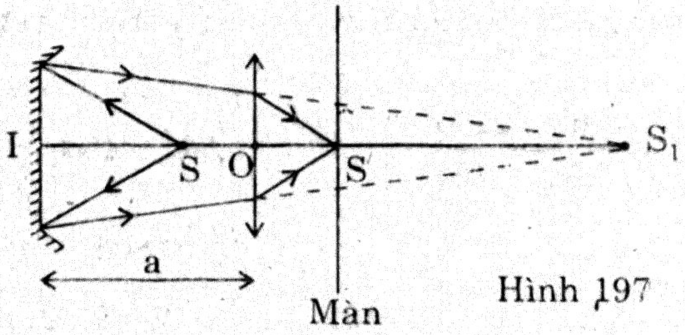
Hình 196

Chùm sáng phát ra từ S chiếu tới gương sẽ cho chùm phản xạ chiếu sáng màn. Vì rìa gương là hình tròn nên trên màn ta sẽ nhận được một vết sáng hình tròn (hoặc một điểm sáng nếu chùm phản xạ hội tụ ngay tại 1 điểm trên màn).

Mặt khác vì đường kính của vết sáng luôn luôn bằng đường kính đường rìa gương với mọi vị trí của màn, nên chùm sáng phản xạ là chùm song song. Vậy S phải đặt tại tiêu điểm gương (F_G) tức S cách gương một khoảng bằng tiêu cự :

$$IS = f_G = \frac{R}{2} = 20 (cm).$$

2. *Vị trí của màn để hứng được ảnh của hệ gương – thấu kính :*



Hình 197

Sơ đồ tạo ảnh của S qua hệ gương và thấu kính :

$$\underbrace{S}_{d_1} \xrightarrow[(I)]{\text{Gương}} \underbrace{\ }_{d_1'} S_1 \underbrace{\ }_{d_2} \xrightarrow[(O)]{\text{TK}} \underbrace{S'}_{d_2'}$$

+ $d_1 = \overline{IS} = 40 - 15 = 25 (cm)$

$$+\quad d_1' = \overline{IS_1} = \frac{d_1 f_G}{d_1 - f_G} = \frac{25 \times 20}{25 - 20} = 100\,(\text{cm})$$

$$+\quad d_2 = \overline{OS_1} = a - d_1' = 40 - 100 = -60\,(\text{cm})$$

$$+\quad d_2' = \overline{OS'} = \frac{d_2 f_{TK}}{d_2 - f_{TK}} = \frac{-60 \times 20}{-60 - 20} = 15\,(\text{cm}) > 0$$

S′ là một ảnh thật cách thấu kính 15cm. Vậy để hứng được ảnh này ta đặt màn cách thấu kính 15cm.

5.9. **a)** Một điểm sáng S đặt trên trục chính của một thấu kính phân kì mỏng cách thấu kính một khoảng bằng 9cm. Vẽ và xác định vị trí ảnh S_1 của S qua thấu kính, biết tiêu cự của thấu kính bằng 9cm.

b) Đặt thêm một gương cầu lõm bán kính cong bằng 54cm có cùng trục chính với thấu kính và quay mặt phản xạ về phía thấu kính sao cho các tia sáng song song với trục chính, sau khi qua thấu kính, phản xạ trên gương, rồi lại qua thấu kính, vẫn song song với trục chính. Xác định khoảng cách giữa thấu kính và gương và vẽ hình minh họa.

c) Nguồn sáng S và gương với vị trí đã cho như trên, ở hai phía của thấu kính. Xác định vị trí và tính chất của ảnh cuối cùng của S qua hệ thấu kính và gương.

(ĐH BÁCH KHOA HÀ NỘI – 98)

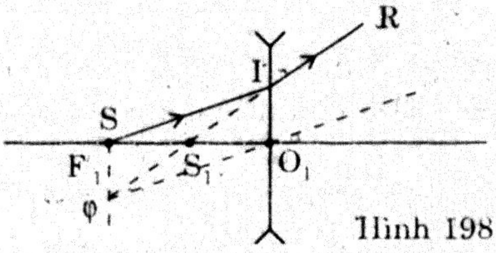
Giải

a) *Vị trí ảnh S_1 của S qua thấu kính :*

- Vị trí ảnh S_1 :

$$d' = \frac{d.f}{d - f} = \frac{9.(-9)}{9 + 9} = 4{,}5\,(\text{cm})$$

Vậy ảnh S_1 của S cách thấu kính 4,5cm (phía trước) và nằm trên trục chính.



Hình 198

- Cách vẽ ảnh :

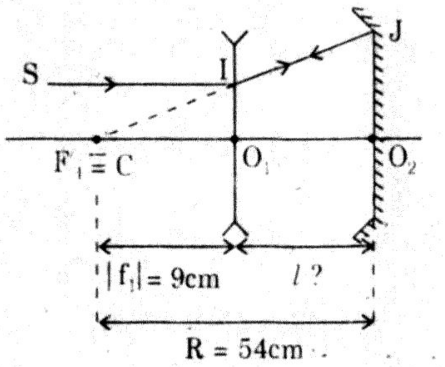
+ Vẽ tia tới SI bất kì.

+ Vẽ trục phụ song song với tia tới SI. Trục phụ này cắt mặt tiêu ảnh (qua tiêu điểm ảnh F_1') tại φ.

+ Vẽ tia ló IR có đường kéo dài là đường Iφ. Đường Iφ cắt trục chính tại S_1 : đó là ảnh ảo phải tìm.

b) *Khoảng cách giữa thấu kính và gương :*

Tia sáng tới SI song song với trục chính sẽ cho tia ló IJ có đường kéo dài qua tiêu điểm ảnh F_1' của thấu kính. Tia IJ đến gương sẽ cho tia phản xạ đến gặp thấu kính và trở thành tia tới của thấu kính lần thứ hai, ta gọi tia này là tia JK (không vẽ trên hình). Chú ý rằng bây giờ bên trái thấu kính là phía sau nên F_1' là tiêu điểm vật. Để tia ló ra khỏi thấu kính (sẽ nằm bên trái thấu kính : không vẽ trên hình) cũng song song với trục chính thì tia tới JK phải kéo dài qua F_1'.



Hình 199

Như vậy IJ và JK đều qua J và đều kéo dài qua F_1' nên chúng trùng nhau. Điều này chỉ xảy ra khi F_1' là tâm C của gương (vì đối với gương cầu, tia tới qua tâm thì tia phản xạ cũng qua tâm).

Do đó khoảng cách giữa thấu kính và gương là :

$$l = O_1O_2 = R - |f_1| = 54 - 9 = 45 \text{ (cm)}$$

Hoặc ta có thể giải bằng cách dựa trên phép tính.

Sơ đồ tạo ảnh :

$$\underbrace{S}_{d_1} \xrightarrow[(O_1)]{\text{TK}} \underbrace{S_1}_{d_1'} \quad \underbrace{}_{d_2} \xrightarrow[(O_2)]{\text{Gương}} \underbrace{S_2}_{d_2'} \quad \underbrace{}_{d_3} \xrightarrow[(O_1)]{\text{TK}} \underbrace{S'}_{d_3'}$$

+ Chùm tới vẽ song song nên coi như S ở ∞ : $d_1 = \infty$

+ $d_1' = f_1 = -9$ cm

+ $d_2 = l - d_1' = l + 9$

+ $d_2' = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{27(l+9)}{l+9-27} = \dfrac{27(l+9)}{l-18}$ (1)

Và chùm ló song song nên coi như ảnh S' ở ∞ : $d_3' = \infty$

+ $d_3 = f_1 = -9$cm

+ $d_2' = l - d_3 = l + 9$ (2)

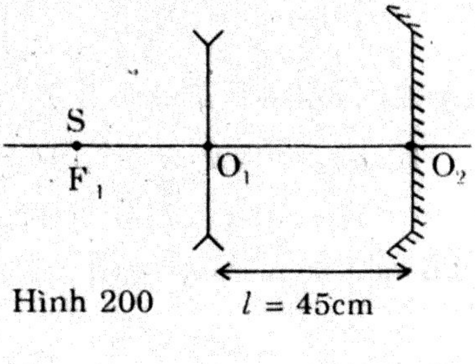
(1) và (2) cho : $\dfrac{27(l+9)}{l-18} = l + 9 \Rightarrow 27 = l - 18$

$\Rightarrow l = 45$ (cm).

c) *Vị trí và tính chất ảnh cuối cùng qua hệ:*

Vẫn dựa trên sơ đồ tạo ảnh như trên, ta lần lượt tính được :

+ $d_1 = \overline{O_1S} = 9$ (cm)



Hình 200

+ $d'_1 = \overline{O_1S_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{9(-9)}{9+9} = -4{,}5\,(\text{cm})$

+ $d_2 = \overline{O_2S_1} = l - d'_1 = 45 + 4{,}5 = 49{,}5\,(\text{cm})$

+ $d'_2 = \overline{O_2S_2} = \dfrac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{49{,}5 \times 27}{49{,}5 - 27} = 59{,}4\,(\text{cm})$

+ $d_3 = \overline{O_1S_2} = l - d'_2 = 45 - 59{,}4 = -14{,}4\,(\text{cm})$

+ $d'_3 = \overline{O_1S'} = \dfrac{d_3f_1}{d_3 - f_1} = \dfrac{-14{,}4 \times (-9)}{14{,}4 + 9} = -24\,(\text{cm})$

Vậy : S' là ảnh ảo nằm trên trục chính và cách thấu kính 24cm (giữa thấu kính và gương).

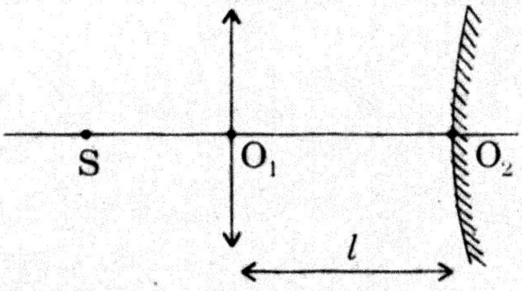
5.10. Một nguồn sáng đặt trên trục chính của một thấu kính hội tụ có tiêu cự f_1 = 10cm, cách nó một khoảng d_1 = 15cm. Phía sau thấu kính đặt một gương cầu lồi có bán kính R = 24cm, sao cho trục chính của chúng trùng nhau.

1. Phải đặt gương ở vị trí gần nhất cách thấu kính một khoảng bằng bao nhiêu để ảnh của nguồn sáng qua hệ là trùng với chính nó.

2. Vẽ ảnh.

(ĐHQG HÀ NỘI – 98)

Giải



Hình 201

Sơ đồ tạo ảnh :

$$S\ \underset{d_1}{\smile}\xrightarrow[(O_1)]{\text{TK}}\underset{d'_1}{\smile}\ S_1\ \underset{d_2}{\smile}\xrightarrow[(O_2)]{\text{Gương}}\underset{d'_2}{\smile}\ S_2\ \underset{d_3}{\smile}\xrightarrow[(O_1)]{\text{TK}}\underset{d'_3}{\smile}\ S'\equiv S$$

+ $d_1 = \overline{O_1S} = 15\,(\text{cm})$

+ $d'_1 = \overline{O_1S_1} = \dfrac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{15 \times 10}{15 - 10} = 30\,(\text{cm})$

+ $d_2 = \overline{O_2S_1} = l - d'_1 = l - 30$

$$+\quad d'_2 = \overline{O_2S_2} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(l-30)(-12)}{l-30+12} = -12.\frac{l-30}{l-18}$$

$$+\quad d_3 = \overline{O_1S_2} = l - d'_2 = l + 12\frac{l-30}{l-18} = \frac{l^2-6l-360}{l-18}$$

$$+\quad d'_3 = \overline{O_1S'} = \frac{d_3f_1}{d_3 - f_1} = \frac{\dfrac{l^2-6l-360}{l-18}\times 10}{\dfrac{l^2-6l-360}{l-18} - 10} = 10\frac{l^2-6l-360}{l^2-16l-180}$$

Vì S' trùng với S nên :

$$\overline{O_1S'} = \overline{O_1S} \quad \text{hay :} \quad d'_3 = d_1$$

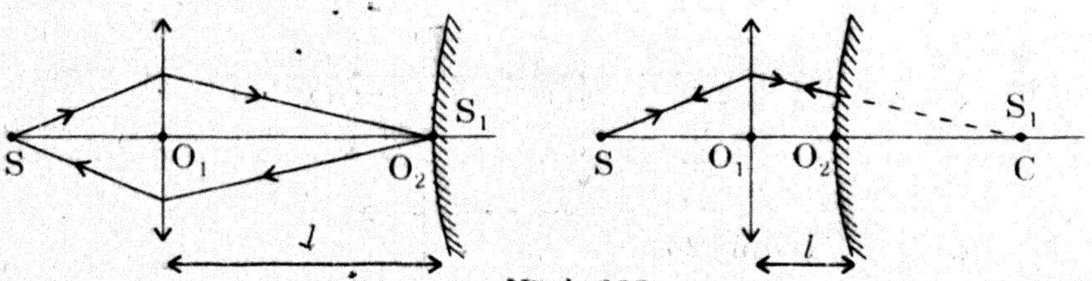
$$10\frac{l^2-6l-360}{l^2-16l-180} = 15 \quad \Rightarrow \quad l^2 - 36l + 180 = 0$$

$$\Delta' = 18^2 - 180 = 144 = 12^2$$

$$l = 18 \pm 12 = \left| \begin{array}{l} 30\ (cm) \\ 6\ (cm) \end{array} \right.$$

Vì gương ở gần thấu kính nhất nên ta chọn $l = 6$ (cm).

Cách khác : Để ảnh của nguồn sáng qua hệ trùng với chính nguồn sáng thì hoặc tia sáng tới gương và tia phản xạ phải đối xứng qua trục chính, muốn vậy ảnh S_1 của S qua thấu kính phải ở đỉnh gương O_2 hoặc tia phản xạ và tia tới gương phải trùng nhau, muốn vậy ảnh S_1 của S phải ở tâm gương.



Hình 202

Vị trí ảnh S_1 :

$$d'_1 = \overline{O_1S_1} = \frac{d_1f}{d_1 - f} = \frac{15\times 10}{15-10} = 30\,cm$$

Vậy : nếu $S_1 \equiv O_2$ thì $\qquad l = O_1O_2 = 30cm$

nếu $S_1 \equiv$ tâm C thì $\quad l = O_1O_2 = d'_1 - R = 30 - 24 = 6$ (cm)

Để thấu kính và gương gần nhau nhất thì ta chọn $l = 6$ (cm).

Chương VI

CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

MÁY ẢNH

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. *Máy ảnh :*

Là dụng cụ dùng để thu được một ảnh thật (nhỏ hơn vật) của vật cầ chụp trên một phim ảnh.

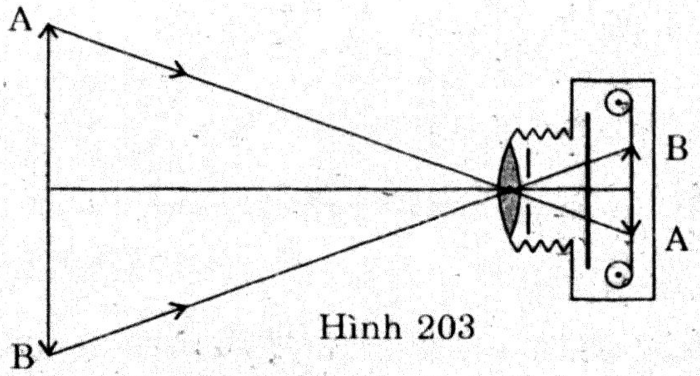
2. *Cấu tạo :*

MÁY ẢNH gồm có :

- VẬT KÍNH : là một thấu kính hội tụ hay một hệ thấu kính có độ t dương.
- BUỒNG TỐI : ở thành trước là vật kính và thành đối diện là phim.
- Sát vật kính có màn chắn, ở giữa có lỗ tròn nhỏ đường kính thay đổ được để điều chỉnh chùm sáng.
- CỬA SẬP : để không cho ánh sáng liên tục chiếu trên phim.

3. *Điều chỉnh máy :*

- Điều chỉnh khoảng cách d′ từ vật kính đến phim.
- Điều chỉnh thời gian chụp và độ mở của lỗ tròn trên màn chắn.



Hình 203

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Vật kính của máy ảnh là một thấu kính hội tụ có tiêu c f = 7cm. Khoảng cách từ vật kính đến phim có thể thay đổi trong khoảng t 7cm đến 7,5cm.

1. Dùng máy ảnh này có thể chụp được các vật nằm trong khoảng nà trước máy.

2. Máy ảnh này được dùng để chụp một cây ở rất xa. Góc trông cây từ chỗ chụp là 3°. Tính chiều cao của ảnh trên phim.

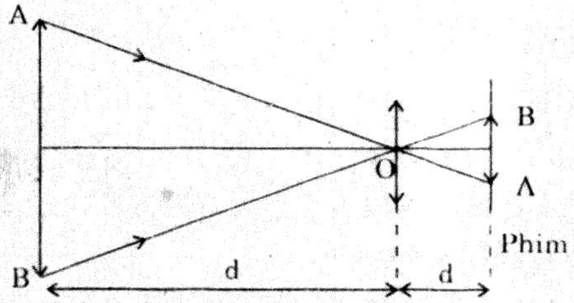
Giải

1. *Vị trí đặt vật trước máy :*

Ảnh $A'B'$ trong máy ảnh là ảnh thật hiện trên phim.

– Khi phim cách vật kính 7cm tức ảnh $A'B'$ ở tiêu diện ảnh của thấu kính ($d' = f = 7$cm) thì vật AB ở rất xa.

– Khi phim cách vật kính 7,5cm tức $d' = 7;5$cm thì vị trí vật AB là :



Hình 204

$$d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{7{,}5 \times 7}{7{,}5 - 7} = 105\,(\text{cm})$$

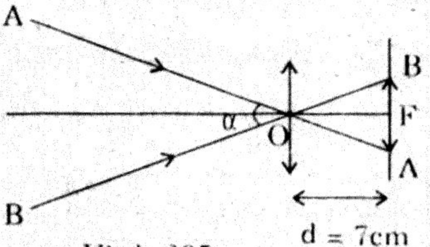
Vậy máy ảnh này có thể chụp được vật nằm trong khoảng từ 105cm trước vật kính đến rất xa.

2. *Chiều cao ảnh khi chụp cây ở rất xa :*

Góc trông cây là :

$$\alpha = \widehat{AOB} = 3^{\circ} = \frac{3\pi}{180}\,(\text{Rad}) = \frac{\pi}{60}\,(\text{Rad}).$$

Vì cây ở rất xa nên ảnh $A'B'$ ở F'.



Hình 205

Ta có : $\operatorname{tg}\widehat{F'OA'} = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2} = \frac{A'F'}{OF'}$

$$\Rightarrow \quad A'F' = \frac{\alpha}{2} \times OF' = \frac{\alpha}{2} \times f$$

Độ cao ảnh : $A'B' = 2A'F' = \alpha \times f$.

$$A'B' = \frac{\pi}{60} \times 7 \approx 0{,}366\,(\text{cm})$$

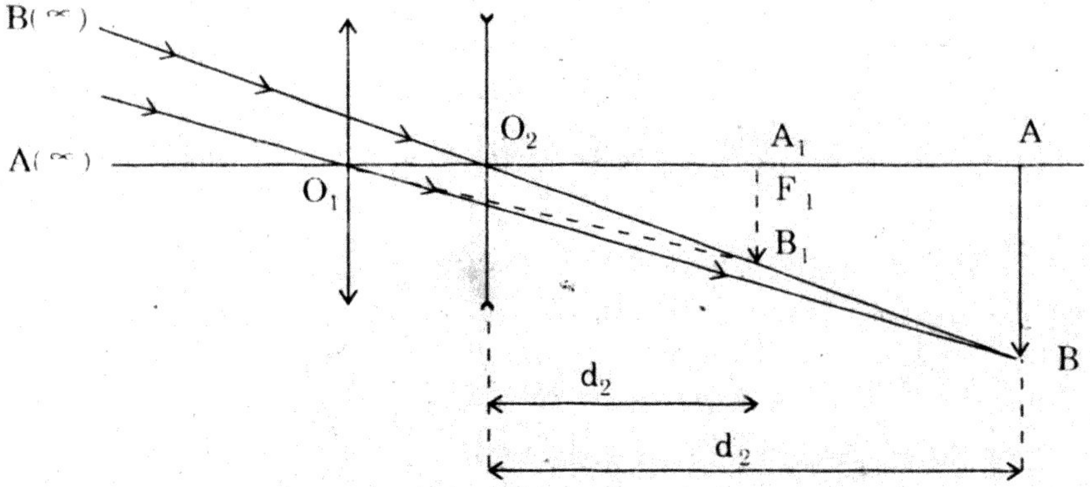
Vậy ảnh cao 0,366 (cm).

Bài tập 2. Vật kính của một máy ảnh có cấu tạo gồm một một thấu kính hội tụ tiêu cự $f_1 = 7$ cm, đặt trước và đồng trục với một thấu kính phân kì, tiêu cự $f_2 = -10$ cm. Hai kính cách nhau 2 cm. Máy được hướng để chụp ảnh một vật ở rất xa.

1. Tính khoảng cách từ thấu kính phân kì đến phim.

2. Nếu vật kính chỉ là thấu kính hội tụ tiêu cự $f_1 = 7$ cm thì phim cách vật kính bao nhiêu cm và độ lớn ảnh trên phim thay đổi thế nào so với trước ?

Giải



Hình 206

1. *Khoảng cách từ thấu kính phân kì đến phim :*

Sơ đồ tạo ảnh qua vật kính :

$$\underbrace{AB \text{ ở } \infty}_{d_1} \xrightarrow{TKO_1} \underbrace{A_1B_1}_{d'_1\quad d_2} \xrightarrow{TKO_2} \underbrace{A'B'}_{d'_2}$$

AB ở rất xa ($d_1 = \infty$) nên ảnh A_1B_1 ở tiêu diện ảnh của thấu kính O_1 tức :

$$d'_1 = f_1 = 7 \text{ (cm)}$$

A_1B_1 ở sau thấu kính O_2 và cách thấu kính O_2 khoảng :

$$O_2A_1 = O_1A_1 - O_1O_2 = 7 - 2 = 5 \text{ (cm)}$$

Vậy A_1B_1 là vật ảo của O_2 nên :

$$d_2 = -5 \text{ (cm)}$$

Vị trí ảnh A'B' của A_1B_1 qua thấu kính O_2 :

$$d'_2 = \overline{O_2A'} = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-5(-10)}{-5+10} = 10 \text{(cm)}$$

Vậy : Khoảng cách từ thấu kính phân kì đến phim là $O_2A' = 10$ (cm).

2 *Trường hợp vật kính chỉ có thấu kính hội tụ :*

Nếu vật kính chỉ có thấu kính hội tụ thì ảnh của vật kính là A_1B_1 và cách vật kính là :

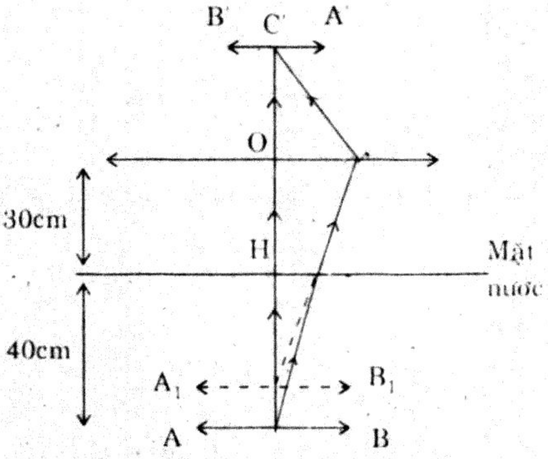
$$d'_1 = \overline{O_1A_1} = 7 \text{ (cm)}$$

Độ lớn ảnh bây giờ là A_1B_1 cho bởi : $\dfrac{A_1B_1}{A'B'} = \dfrac{O_2A_1}{O_2A'} = \dfrac{5}{10} = \dfrac{1}{2}$

Vậy ảnh có độ lớn giảm đi 2 lần so với có thấu kính phân kì.

Bài tập 3. Dùng một máy ảnh mà vật kính có tiêu cự f = 6cm để chụp ảnh một con cá đang bơi ngang, cách mặt nước 40cm. Trục chính máy nằm theo đường thẳng đứng đi qua con cá. Vật kính đặt phía trên và cách mặt nước 30cm. Chiết suất của nước là 4/3. Tính khoảng cách giữa phim và vật kính.

Giải



Hình 207

Lấy C là 1 điểm trên thân con cá AB chùm sáng phát ra từ C chiếu lên mặt nước bị khúc xạ ra không khí sẽ tạo ảnh C_1 (trên A_1B_1) là ảnh của C qua lưỡng chất phẳng nước - không khí.

Công thức lưỡng chất phẳng cho :

$$\frac{HC_1}{1} = \frac{HC}{\frac{4}{3}}$$

$$\rightarrow \quad HC_1 = \frac{3}{4}HC = \frac{3}{4}.40 = 30(\text{cm})$$

Chùm sáng ló ra không khí (tựa như phát ra từ C_1) đến gặp vật kính. Vì vậy C_1 là vật của vật kính cho ảnh là C' hiện trên phim.

Công thức thấu kính cho vị trí ảnh C' :

$$d' = \overline{OC'} = \frac{d.f}{d-f}$$

Với : $d = OC_1 = OH + HC_1 = 30 + 30 = 60$ (cm)

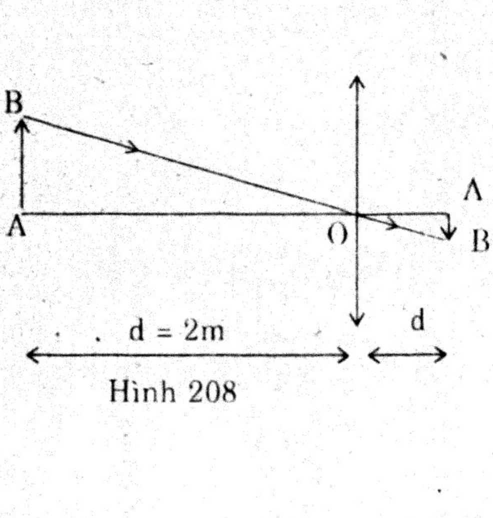
nên : $d' = \dfrac{60 \times 6}{60 - 6} \approx 6,67$ (cm)

Vậy khoảng cách giữa phim và vật kính là 6,67 (cm).

Bài tập 4. Một máy ảnh có vật kính là một thấu kính hội tụ tiêu cự f = 10cm được dùng để chụp ảnh một người đi xe đạp với vận tốc V = 14,4km/h trên đường nằm ngang. Khoảng cách từ vật kính đến đường là 2m. Biết trục chính của máy đặt nằm ngang và vuông góc với phương chuyển động của xe.

Tính thời gian mở cửa sập của máy để độ nhòe trên phim không vượt quá 0,1mm.

Giải



Hình 208

Giả sử lúc xe vừa qua điểm A trên trục máy thì cửa sập mở, lúc đó trên phim có ảnh A' của xe.

Gọi t là thời gian mở cửa sập (tức thời gian ánh sáng liên tục chiếu lên phim) thì trong thời gian này ôtô dịch được AB = v.t và ảnh trên phim vạch nên vết A'B' cho bởi :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{d'}{d} \quad \Rightarrow \quad A'B' = \frac{d'}{d} \times AB = \frac{d'}{d}.v.t$$

Với : $$d' = \frac{df}{d-f} \Rightarrow \frac{d'}{d} = \frac{f}{d-f} = \frac{10}{200-10} = \frac{1}{19}$$

Và $$v = 14,4\,\frac{Km}{h} = 4\,\frac{m}{s} = 4.10^3\,\frac{mm}{s}$$ nên :

$$A'B' = \frac{1}{19} \times 4.10^3.t\ (mm)$$

Theo đề : $A'B' \le 0,1$ (mm) nên :

$$\frac{1}{19}.4.10^3.t \le 0,1 \quad \Rightarrow \quad t \le \frac{19 \times 0,1}{4.10^3} = 0,475.10^{-3}$$

Vậy thời gian mở cửa sập phải không vượt quá $0,475.10^{-3}$s.

ĐỀ THI

6.1. Vật kính của máy ảnh có dạng phẳng, lồi, bằng thủy tinh chiết suất n = 1,6. Bán kính cong của mặt lồi là R = 6cm.

a) Tính độ tụ của thấu kính.

b) Dùng máy ảnh này chụp một người chạy ngang qua với vận tốc 18km/h theo phương thẳng góc với trục chính của vật kính, cách máy ảnh 5,00m. Hỏi thời gian ống kính mở tối đa là bao nhiêu, biết rằng ảnh không nhòe thì một điểm của ảnh không dịch quá 0,2mm khi vật chuyển động.

(HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG - 98)

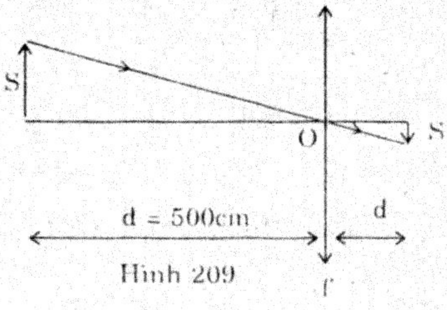
Giải

a) *Độ tụ thấu kính phẳng - lồi cho bởi :*

$$\frac{1}{f} = (n-1)\frac{1}{R}$$

$$\Rightarrow \quad f = \frac{R}{n-1} = \frac{6}{1,6-1} = 10(cm)$$

Độ tụ : $$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ (điốp)}.$$



Hình 209

b) *Thời gian ống kính mở tối đa :*

Gọi t là thời gian ống kính mở thì trong thời gian này người dịch được: S = v.t và ảnh của nó dịch được.

đoạn S' cho bởi : $$\frac{S'}{S} = \frac{d'}{d} \quad \Rightarrow \quad S' = \frac{d'}{d}.S = \frac{d'}{d}.v.t$$

Với : $$d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{500 \times 10}{500-10} = \frac{500}{49}\,(cm)$$

Và $$v = 18\left(\frac{Km}{s}\right) = 5\left(\frac{m}{s}\right) = 5.10^3\left(\frac{mm}{s}\right)$$

nên : $$S' = \frac{\frac{500}{49}}{500} \times 5.10^3.t(mm) = \frac{5.10^3}{49}.t\,(mm)$$

Theo đề : $S' \le 0{,}2$ (mm) nên :

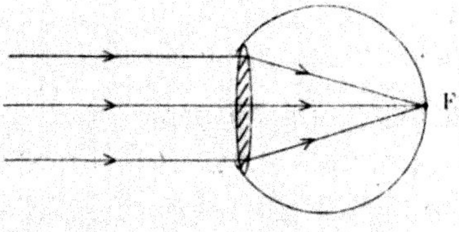
$$\frac{5.10^3t}{49} \le 0,2 \quad \Rightarrow \quad t \le \frac{0,2 \times 49}{5.10^3} = 1,96.10^{-3}(s).$$

Vậy thời gian mở máy tối đa là $1{,}96.10^{-3}$ (s).

MẮT

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

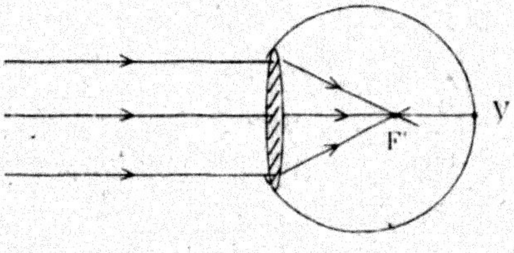
1. *Mắt không có tật*



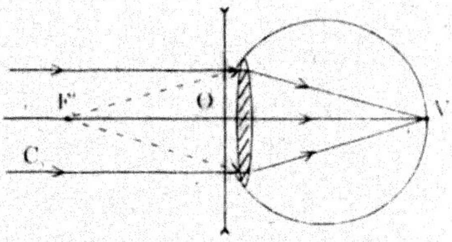
(H.210)

- Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm ở võng mạc (H.210).
- Điểm cực viễn C_V ở vô cực.
- Điểm cực cận C_C cách mắt từ 15cm đến 20cm lúc trẻ và lùi xa dần khi về già.

2. *Mắt cận thị*



(H.211)



(H.212)

- Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm trước võng mạc (H.211).

$$f_{max} < OV$$

- Điểm cực viễn C_V cách mắt một khoảng hữu hạn.
- Điểm cực cận C_C rất gần mắt.
- Để sửa tật, người cận thị phải đeo một kính phân kì sao cho có thể nhìn rõ được vật ở vô cực mà không điều tiết (H.212) :

$$f_{kính} = -OC_V \text{ (kính đeo sát mắt)}$$

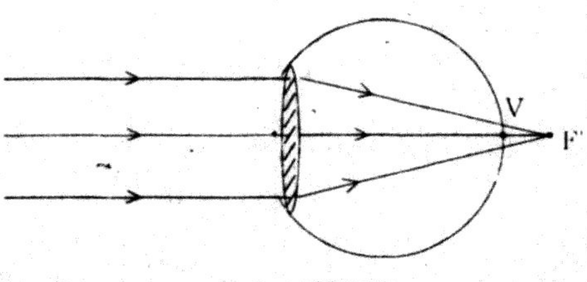
3. *Mắt viễn thị*

– Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm sau võng mạc $f_{max} > OV$ (H.213)

– Mắt viễn thị nhìn vật ở vô cực đã phải điều tiết.

– Điểm cực cận C_C ở quá xa so với mắt bình thường.

– Để sửa tật, người viễn thị phải đeo kính hội tụ sao cho có thể *nhìn được vật ở vô cực mà không phải điều tiết.*



(H.213)

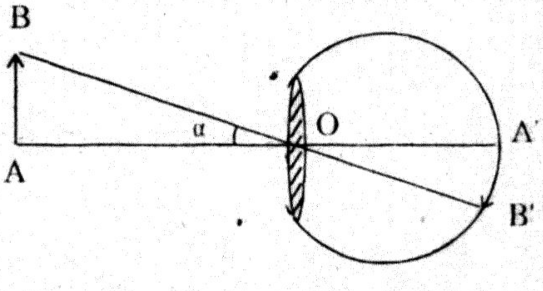
4. *Góc trông vật và năng suất phân li*

– GÓC TRÔNG VẬT AB là góc α cho bởi :

$$\text{tg}\alpha = \frac{AB}{OA} \quad \text{(H.214).}$$

– NĂNG SUẤT PHÂN LI của mắt là góc trông nhỏ nhất α_{min} giữa hai điểm A và B mà mắt còn có thể phân biệt được hai điểm đó.

– $$\alpha_{min} \approx 1' \approx \frac{1}{3500} \text{ Rad.}$$



(H.214)

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Một người nhìn rõ được những vật ở xa nhất cách mắt 50cm và ở gần nhất cách mắt 15cm.

Hỏi người ấy mắc tật gì ? Tính độ tụ của kính phải đeo để sửa tật. Kính coi như đeo sát mắt.

Khi đeo kính này thì người ấy nhìn rõ được những vật nằm trong khoảng nào trước mắt.

Giải

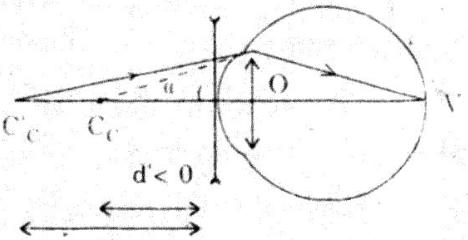
– Vì điểm cực viễn C_V không ở vô cực và cực cận gần mắt nên đó là mắt cận thị.

– Tiêu cự kính phải đeo là : $f_K = -OC_V = -50$ (cm)

Độ tụ : $D = \dfrac{1}{f_K} = -\dfrac{1}{0,5} = -2$ (điốp)

– Khi đeo kính này vật mà mắt thấy được ở gần mắt nhất sẽ có ảnh qua kính ở cực cận C_C của mắt. Vị trí đặt vật bây giờ gọi là cực cận mới (C_C). Lúc này mắt điều tiết tối đa. Vị trí C_C cho bởi :

$$d = OC_C' = \frac{d'.f_K}{d'-f_K}$$



(H.215)

Ảnh ở C_C là ảnh ảo nên

$$d' = -OC_C = -15\ (cm).\ Vậy:$$

$$d = OC_C' = \frac{-15.(-50)}{-15+50} \approx 21,4\ (cm)$$

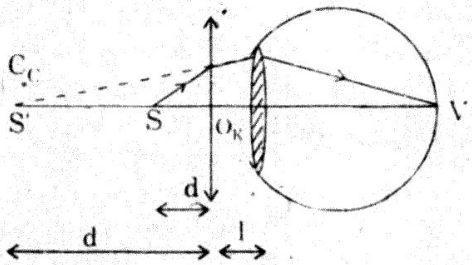
Và hiển nhiên khi đeo kính này mắt sẽ thấy vật ở vô cực. Vậy : khi đeo kính có độ tụ –2 điốp thì người ấy sẽ nhìn rõ vật từ rất xa (∞) đến 21,4 (cm) trước mắt.

Bài tập 2. Một người đứng tuổi có khả năng nhìn rõ những vật ở xa nhưng để nhìn rõ những vật gần nhất cách mắt 27cm thì phải đeo kính có độ tụ +2,5 điốp. Kính cách mắt 2cm. Hỏi khi không đeo kính, mắt nhìn thấy vật gần mắt nhất bao nhiêu ?

Giải

Tiêu cự kính đeo mắt :

$$f = \frac{1}{D} = \frac{1}{2,5} = 0,4(m) = 40\ (cm)$$



(H.216)

Gọi S' là ảnh ảo của vật S. Chùm sáng phát ra từ S sau khi ló ra khỏi kính sẽ đi vào mắt và tựa như phát ra từ S'. Vậy S' là vật của mắt.

S' sẽ nằm gần mắt nhất (cực cận C_C của mắt) khi S nằm gần mắt nhất, lúc đó S cách kính khoảng :

$$d = \overline{O_KS} = 27 - 2 = 25\ (cm)$$

Suy ra vị trí ảnh S' :

$$d' = \overline{O_KS'} = \frac{d.f}{d-f} = \frac{25 \times 40}{25-40} = \frac{1000}{-15} \approx -66,7\ (cm)$$

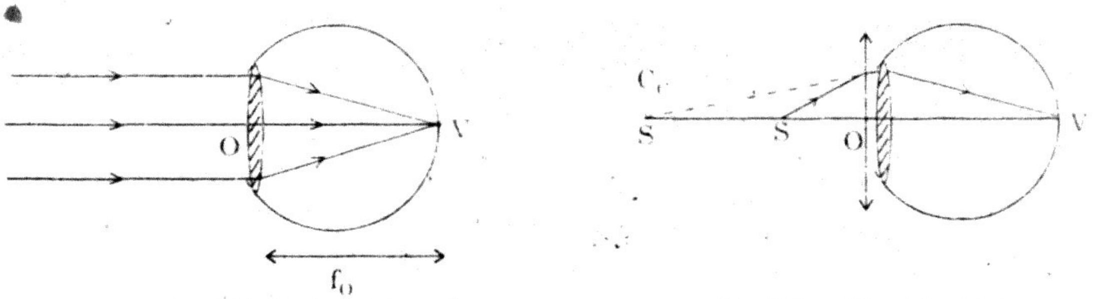
Như thế S' cách kính gần nhất 66,7 (cm) tức cách mắt gần nhất 66,7 + 2 = 68,7 (cm)

Vậy : khi không đeo kính vật phải nằm gần mắt nhất là 68,7 (cm) (tại cực cận C_C của mắt).

Bài tập 3. Một người đứng tuổi khi nhìn những vật ở xa thì không phải đeo kính nhưng khi đeo kính số 1 sẽ đọc được trang sách đặt cách mắt gần nhất là 25cm (với kính đeo sát mắt).

Xác định độ biến thiên độ tụ của mắt người ấy từ trạng thái không điều tiết đến trạng thái điều tiết tối đa.

Giải



Ha :Mắt không điều tiết

Hb :Mắt điều tiết tối đa

Hình 217

Đầu tiên ta đi tìm vị trí cực cận C_C của mắt.

Gọi S' là ảnh ảo của S (vị trí đặt sách) qua kính (Hb). Chùm sáng phát từ S chiếu đến kính sau khi ló ra sẽ đập vào mắt, chùm ló này tựa như át ra từ S' nên S' là vật của mắt.

Vì S gần mắt nhất nên S' cũng gần mắt nhất, vậy S' trùng với cực cận của mắt.

Ta có : $d' = \overline{OS'} = \overline{OC_C} = \dfrac{d.f_K}{d - f_K}$

Kính số 1 tức kính có độ tụ +1 điốp nên :

$$f_K = \frac{1}{1} = 1\ (m) = 100\ (cm).$$

do đó : $\overline{OC_C} = \dfrac{25 \times 100}{25 - 100} = -\dfrac{100}{3}\ (cm) = -\dfrac{1}{3}\ (m)$ hay : $OC_C = \dfrac{1}{3}\ (m)$.

Tiếp theo ta đi tính độ tụ của mắt khi không điều tiết và điều tiết tối :

- Khi mắt không điều tiết thì độ tụ của mắt (Ha) :

$$D_o = \frac{1}{f_o} = \frac{1}{OV}$$

- Khi mắt điều tiết tối đa thì $S' \equiv C_C$ là vật của mắt có ảnh qua mắt là ở ểm vàng V nên độ tụ của mắt :

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{OC_C} + \frac{1}{OV}$$

Lập hiệu số : $\Delta D = D - D_o = \dfrac{1}{OC_C} = \dfrac{1}{\frac{1}{3}} = 3$ (điốp)

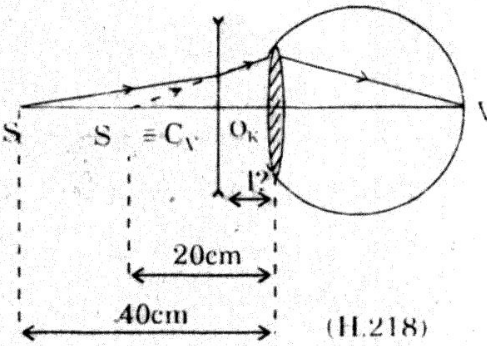
Vậy : độ tụ của mắt tăng lên 3 điốp từ lúc không điều tiết tới lúc điều ết tối đa.

Bài tập 4. Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 20cm. Người nà cần đọc một thông báo đặt cách mắt 40cm và quên không mang kính. Tron tay người ấy lúc đó chỉ có một thấu kính phân kì có tiêu cự là -15cm. Hỏi đ đọc thông báo mà không cần điều tiết thì phải đặt thấu kính này cách má bao nhiêu ?

Giải

Gọi S′ là ảnh ảo của S (thông báo) qua thấu kính phân kì.

Chùm sáng phát ra từ S chiếu đến thấu kính phân kì ló ra khỏi thấu kính, sau đó đến mắt. Chùm ló này tựa như phát ra từ S′ nên S′ là vật của mắt. Vì mắt không điều tiết nên S′ trùng với cực viễn C_V của mắt.



(H.218)

Gọi l là khoảng cách thấu kính và mắt thì :

S cách thấu kính : $d = O_KS = 40 - l$ $(l < 40\text{cm})$

S′ cách thấu kính : $|d'| = O_KS' = 20 - l$

Vì S' là ảnh ảo nên $d' < 0$, tức : $d' = -(20 - l) = l - 20$ (cm)

Áp dụng công thức thấu kính :

$$\frac{1}{f_K} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

$$-\frac{1}{15} = \frac{1}{40 - l} + \frac{1}{l - 20}$$

$$-(40 - l)(l - 20) = 15(l - 20 + 40 - l)$$

$$-(-l^2 + 60l - 800) = 15 \times 20$$

$$l^2 - 60l + 500 = 0$$

$$\Delta' = 30^2 - 500 = 400 = 20^2 \quad \Rightarrow \quad l = 30 \pm 20 = \left| \begin{array}{l} 50(\text{cm}) > 40(\text{cm} \\ 10(\text{cm}) \end{array} \right.$$

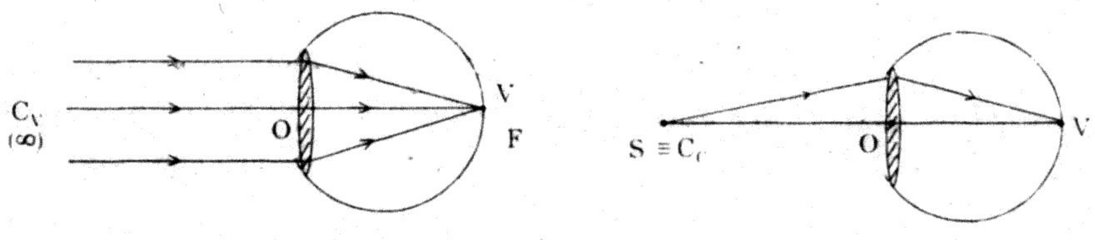
Chỉ nhận $l = 10$cm tức kính đặt cách mắt 10cm.

ĐỀ THI

6.2. Một người đứng tuổi khi không đeo kính, mắt có điểm cực viễn ở v cực và điểm cực cận cách mắt $\frac{1}{3}$ m. Xác định hiệu số giữa độ tụ cực đại và đ tụ cực tiểu của thủy tinh thể của mắt. Khi đeo kính sát mắt có độ tụ D_V = điốp thì người ấy có thể đọc trang sách đặt cách mắt gần nhất bao nhiêu ?

(ĐH ĐẠI CƯƠNG – TP-HCM – 9

Giải



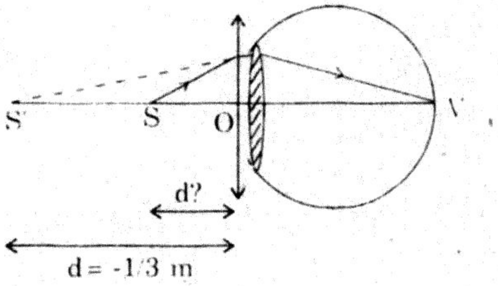
Ha :Mắt không điều tiết , độ tụ cực tiểu ($D_{O\min}$)

Hb :Mắt điều tiết tối đa độ tụ cực đại ($D_{O\max}$)

Hình 219

- Khi mắt không điều tiết, độ tụ của mắt cực tiểu. Vì mắt có cực viễn ở cực nên tiêu điểm ở điểm vàng, do đó :

$$D_{O\min} = \frac{1}{f_o} = \frac{1}{OV}$$



Khi mắt điều tiết tối đa, độ tụ của mắt c đại, lúc này vật ở cực cận C_C sẽ có ảnh ùng với điểm vàng, do đó :

$$D_{O\max} = \frac{1}{f} = \frac{1}{OC_C} + \frac{1}{OV}$$

Lập hiệu : $$D_{O\max} - D_{O\min} = \frac{1}{OC_C} = \frac{1}{\frac{1}{3}} = 3 \text{ (điốp)}.$$

- Tiêu cự kính : $f_K = \frac{1}{D_K} = \frac{1}{1} = 1\,(m)$

Gọi S' là ảnh ảo của vật S (nơi đặt sách). Chùm sáng phát ra từ S iếu đến kính sau khi ló ra đến gặp mắt. Chùm sáng ló này tựa như phát từ S' nên S' là vật của mắt.

Nếu sách gần mắt nhất (tức S gần mắt nhất) thì S' cũng gần mắt nhất c S' trùng với cực cận C_C của mắt, do đó : $d' = \overline{OS'} = \overline{OC_C} = -\frac{1}{3}$ (m)

Vị trí S : $$d = \overline{OS} = \frac{d'.f_K}{d'-f_K} = \frac{-\frac{1}{3}\times 1}{-\frac{1}{3}-1} = 0{,}25 \text{ (m)}$$

Vậy : sách đặt cách mắt gần nhất là 25 (cm).

3. Mắt một người có điểm cực cận cách mắt 50cm và điểm cực viễn cách ắt 500cm.

1. Người đó phải đeo kính gì và có độ tụ bao nhiêu để đọc sách ở cách ắt 25cm ?

2. Khi đeo kính trên người đó có thể nhìn được những vật trong khoảng nào ?

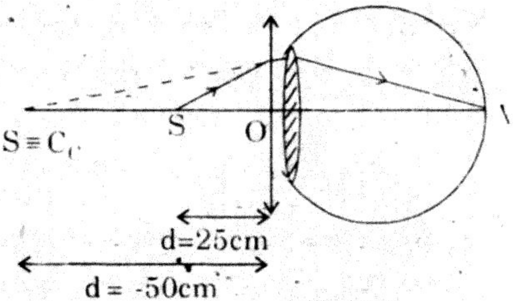
3. Người ấy không đeo kính và soi mặt vào một gương cầu lõm có bán kính R = 120cm. Hỏi gương phải đặt cách mắt bao nhiêu để mắt người c ảnh cùng chiều ở vị trí cực cận của mắt. Tính số bội giác của gương trong trường hợp này.

(ĐH THỦY LỢI - 96

Giải

1. *Loại kính và độ tụ :*

– Khi đọc sách thì sách đặt gần mắt nhất tức ảnh của nó qua kính trùng với cực cận C_C của mắt, như vậy ảnh S′ (ảo) nằm xa hơn S (so với kính) nên thấu kính phải đeo là thấu kính hội tụ.



(H.220)

– Tiêu cự kính phải đeo là :

$$f_K = \frac{d.d'}{d+d'} = \frac{25(-50)}{25-(50)} = 50 \text{ (cm)}$$

Độ tụ kính : $D_K = \frac{1}{f_K} = \frac{1}{0,5} = +2$ (điốp).

2. *Khoảng thấy được của mắt khi đeo kính :*

Khi vật nằm xa mắt nhất thì ảnh của nó qua kính cũng nằm xa mắ nhất tức nằm ở điểm cực viễn C_V của mắt :

$$\underset{d}{\text{S xa mắt nhất}} \xrightarrow{\text{Kính}} \underset{d'}{S' \text{ ở } C_V}$$

Có : $d = \frac{d'.f}{d'-f}$ với $d' = -\overline{OC_V} = -500$ (cm)

$$= \frac{-500 \times 50}{-500-50} = \frac{500}{11} \approx 45,45 \text{ (cm)}$$

Vậy : khi đeo kính mắt thấy được vật nằm trong khoảng từ 25cm đế 45,45cm trước mắt.

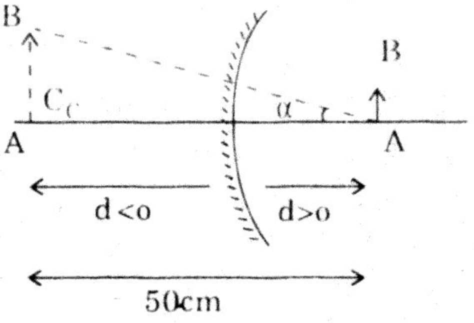
3. *Vị trí đặt gương và số bội giác :*

– Để ảnh của mặt qua gương cùng chiều với mặt thì đó là ảnh ảo ($d' < 0$).

Ta có : $d + |d'| = 50$(cm)

$d - d' = 50$

Với $d' = \frac{d.f_G}{d - f_G} = \frac{d \times 60}{d - 60}$ nên :



(H.221)

$$d - \frac{60d}{d - 60} = 50$$

$$d^2 - 120d = 50(d - 60)$$

$$d^2 - 170d + 3000 = 0$$

$$\Delta' = 85^2 - 3000 = 4225 = 65^2$$

$$d = 85 \pm 65 = \left| \begin{array}{l} 150(cm) > 50(cm) : \text{loại} \\ 20(cm) \end{array} \right.$$

Vậy : Gương phải cách mắt 20cm.

– Độ bội giác của gương là :

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{tg\alpha}{tg\alpha_0} \qquad (1)$$

Với α là góc mà mắt nhìn ảnh qua gương cho bởi :

$$tg\alpha = \frac{A'B'}{AA} = \frac{A'B'}{AC_C}$$

α_0 là góc mà mắt nhìn vật ở cực cận tức :

$$tg\alpha_0 = \frac{AB}{AC_C}$$

(1) cho : $G = \frac{A'B'}{AB} = |K| = \left|\frac{d'}{d}\right|$ với d = – 30 (cm)

$$= \frac{30}{20} = 1,5$$

Vậy độ bội giác của gương là 1,5.

.4. Một người viễn thị có khoảng cách trông rõ ngắn nhất là 1m. Người ó nhìn mắt mình (không đeo kính) qua một gương cầu lõm tiêu cự 1m (nheo ột mắt và nhìn thấy mắt mở ở giữa gương)

a) Tính khoảng cách ngắn nhất từ mắt tới đỉnh gương để người đó trông õ ảnh ảo của mắt mình.

b) Nếu gương có kích thước nhỏ thì người đó trông rõ mắt mình. Hỏi nếu ương có kích thước lớn thì người đó có thể trông rõ mắt mình không ? Vì ao ?

c) Tính khoảng cách từ mắt tới đỉnh gương để người đó trông rõ ảnh ảo ắt mình với góc trông nhỏ nhất.

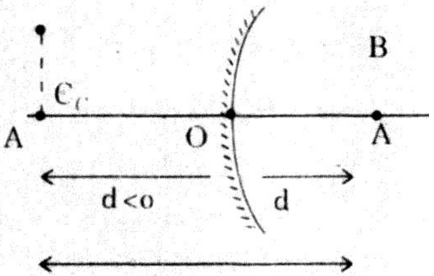
d) Ngày thường người đó đeo kính hội tụ (mỏng) có tiêu cự 1m thì nhìn
vật đặt ở vô cùng mà không điều tiết. Khi người đó soi gương lõm trên m
không đeo kính thì cần đặt mắt cách đỉnh gương bao xa để trông rõ m
mình mà không điều tiết.

(ĐH MỎ - ĐỊA CHẤT - 9

Giải

a) *Khoảng cách ngắn nhất từ mắt tới đỉnh gương* :

Mắt ở vị trí A gần gương nhất khi ảnh ảo A' của nó ở cực cận C_C của mắt (vì nếu mắt A dịch thêm về gần gương thì ảnh ảo A' của nó cũng dịch về gần gương tức AA' nhỏ hơn 1m, mắt sẽ không thấy ảnh A' nữa).



(H.222)

Ta có : $d + |d'| = 1$

$$d - d' = 1$$

$$d' = \frac{d.f_G}{d - f_G} = \frac{d \times 1}{d - 1}$$

nên : $$d - \frac{d}{d-1} = 1 \quad \Rightarrow \quad d^2 - 3d + 1 = 0$$

$$\Delta = 3^2 - 4 = 5$$

$$d = \frac{3 \pm \sqrt{5}}{2} = \begin{vmatrix} 3{,}12(m) > f_G = 1(m) \\ 0{,}38(m) \end{vmatrix}$$

Vậy khoảng cách ngắn nhất từ đỉnh gương đến mắt là 0,38m.

b) *Gương có kích thước lớn, mắt có thấy ảnh rõ không ?*

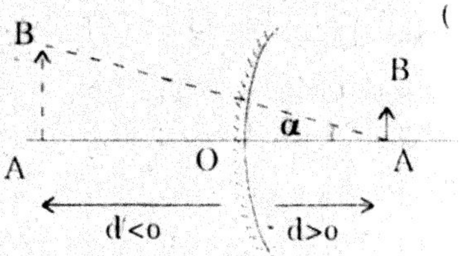
Kích thước gương lớn nhưng mắt ta vẫn chỉ nhận được một chùm h
phản xạ trên gương. Như vậy thực chất ta vẫn thấy ảnh của mắt mình q
một gương có kích thước bé (gương này là một phần của gương lớn nằm tr
đường nhìn của mắt). Vậy với kích thước gương lớn, mắt vẫn nhìn thấy a
rõ.

c) *Khoảng cách từ mắt tới đỉnh gương để góc trông ảnh nhỏ nhất* :

Góc trông ảnh : $\alpha \approx tg\alpha = \frac{A'B'}{AA'}$

Ta đi tính tỉ số này theo khoảng cách d từ mắt tới đỉnh gương. Ta có :

$$A'B' = \left|\frac{d'}{d}\right| \times AB = -\frac{d'}{d}.AB$$



(H.223)

Với : $d' = \dfrac{d.f_G}{d - f_G} \Rightarrow \dfrac{d'}{d} = \dfrac{f_G}{d - f_G} = \dfrac{1}{d - 1}$ (m)

nên : $A'B' = -\dfrac{1}{d - 1}.AB$ (2)

và $AA' = d + |d'| = d - d' = d - \dfrac{d.f_G}{d - f_G} = \dfrac{d^2 - 2d.f_G}{d - f_G} = \dfrac{d^2 - 2d.1}{d - 1}$ (3)

Thay các biểu thức ở (2) và (3) vào (1) ta được :

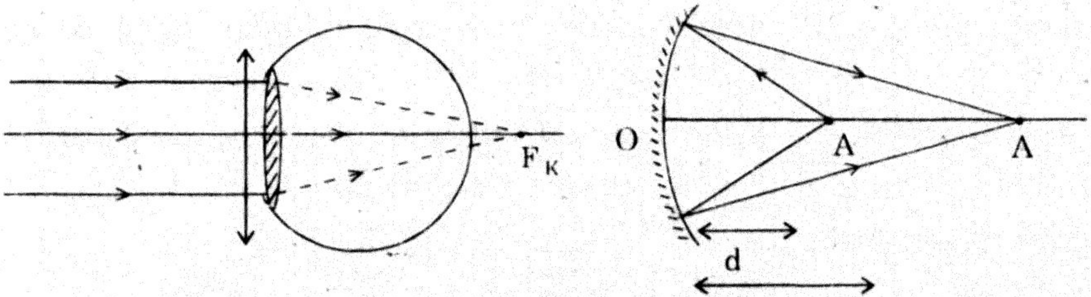
$$\alpha = -\frac{1}{d - 1} \times AB.\frac{d - 1}{d^2 - 2d} = \frac{AB}{2d - d^2}$$

α có giá trị nhỏ nhất khi tam thức bậc hai theo d :

$$f(d) = -d^2 + 2d \text{ đạt lớn nhất với : } d = -\frac{b}{2a} = -\frac{2}{2(-1)} = 1(m)$$

Vậy góc trông α nhỏ nhất khi mắt cách gương 1 m tức mắt nằm ngay u điểm của gương.

d) *Mắt không đeo kính , vị trí đặt mắt để nhìn rõ ảnh :*



(Ha) (H.224) (Hb)

– Khi đeo kính (Ha), thấu kính hội tụ đã tạo một chùm sáng ló trước khi vào mắt, nếu kéo dài sẽ gặp nhau tại tiêu điểm ảnh của thấu kính. Điểm y cách mắt đúng bằng tiêu cự kính tức 1 m. Lúc này mắt thấy rõ mà ông điều tiết.

– Nếu không đeo kính mà mắt vẫn thấy rõ ảnh mắt mình thì chùm sáng át ra từ mắt chiếu đến gương sau đó bị phản xạ trở lại cũng giống như ùm ló ra khỏi thấu kính tức cũng hội tụ tại một điểm sau mắt và cách mắt ng bằng 1m (Hb). Như vậy ta có :

$$d' - d = 1 \Leftrightarrow \frac{d.f_G}{d - f_G} - d = 1 \Leftrightarrow -d^2 + 2d.f_G = d - f_G$$

$$\Leftrightarrow d^2 - (2f_G - 1)d - f_G = 0 \Leftrightarrow d^2 - d - 1 = 0$$

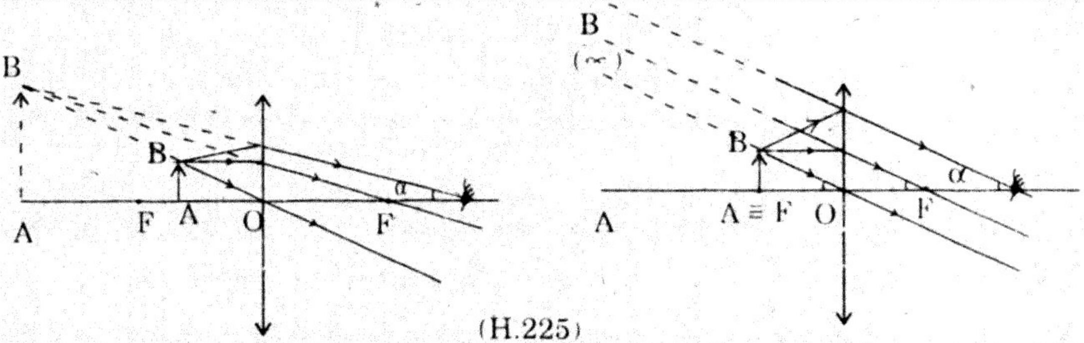
$\Delta = 1^2 + 4 = 5 \quad \Rightarrow \quad d = \dfrac{1 \pm \sqrt{5}}{2}$, ta chỉ nhận nghiệm $d > 0$

tức $\quad d = \dfrac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,62(m)$

Vậy : mắt cách đỉnh gương 1,62(m).

KÍNH LÚP

TÓM TẮT LÍ THUYẾT



(H.225)

– Kính lúp là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn dùng để quan những vật nhỏ, có độ bội giác không lớn.

– Ảnh qua kính lúp là ảnh ảo. Mắt sẽ quan sát ảnh ảo này, vì vậy ảo phải nằm từ cực cận C_C đến cực viễn C_V của mắt.

– Độ bội giác của kính :

$$G = \frac{\text{Góc trông ảnh qua kính}}{\text{Góc trông vật, vật đặt ở cực cận}} = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{tg\alpha}{tg\alpha_0}$$

– Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực :

$$G_\infty = \frac{Đ}{f}$$ (Đ = OC_C là khoảng nhìn rõ ngắn nhất của mắt

– Độ bội giác khi ngắm chừng ở cực cận C_C :

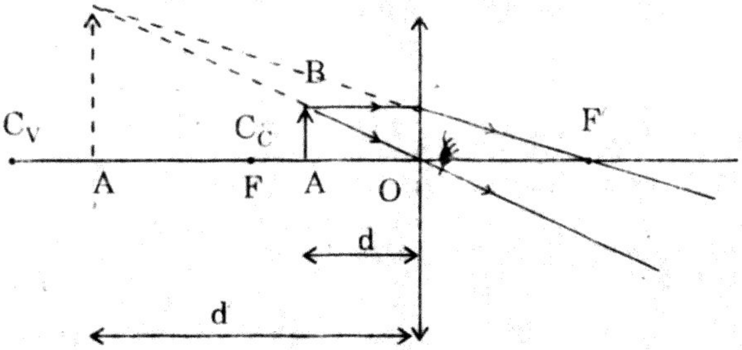
$$G_C = K$$

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Một người cận thị có khoảng cách từ mắt tới điểm cực cận 10cm và đến điểm cực viễn là 50cm quan sát một vật nhỏ qua một kính có độ tụ là +10 điốp. Mắt đặt sát sau kính.

Hỏi phải đặt vật trong khoảng nào trước kính.

Giải



(H.226)

Tiêu cự kính : $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{10} = 0{,}1(m) = 10(cm)$

Vị trí đặt vật AB : $d = \overline{OA} = \frac{d' . f}{d' - f}$ (1)

Ảnh ảo $A'B'$ là **vật của mắt** nên $A'B'$ nằm trong khoảng từ cực cận C_C đến cực viễn C_V của mắt.

- ***$A'B'$ ở C_C*** : $d' = \overline{OC_C} = -10$ (cm)

  Công thức (1) cho : $d = \overline{OA} = \frac{-10.10}{-10-10} = 5(cm)$ (2)

- *$A'B'$ ở cực viễn C_V* : $d' = \overline{OC_V} = -50(cm)$

  Công thức (1) cho : $d = \overline{OA} = \frac{-50 \times 10}{-50-10} = \frac{50}{6} \approx 8{,}33(cm)$ (3)

Vì vật và ảnh ảo dịch chuyển cùng chiều nên (2) và (3) cho :

$10(cm) \le |d'| \le 50(cm) \quad \Rightarrow \quad 5(cm) \le d \le 8{,}33(cm)$

Vậy : vật đặt trong khoảng từ 5cm đến 8,33(cm) trước kính.

Bài tập 2. Một người đứng tuổi có điểm cực cận C_C cách mắt $\frac{100}{3}$ cm và cực viễn C_V ở vô cực. Người này dùng một kính lúp mà trên vành kính có ghi ×8 (với quy ước Đ = 25cm) để quan sát một vật nhỏ. Mắt đặt cách kính 30cm. Xác định phạm vi biến thiên độ bội giác của ảnh.

Giải

Vành kính có ghi × 8 có nghĩa là $G_\infty = 8$ với $G_\infty = \frac{25}{f}$ (cm)

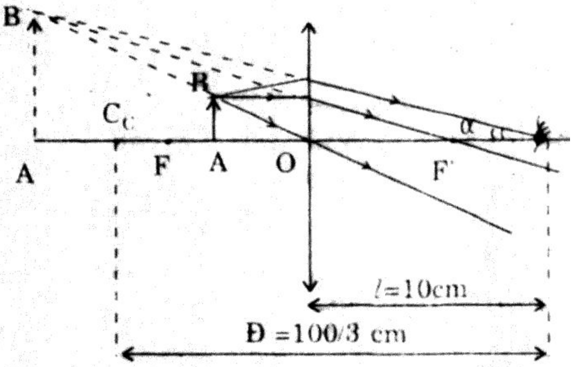
Suy ra tiêu cự của kính : $f = \frac{25}{8} = 3{,}125(cm)$

Mắt quan sát ảnh ảo $A'B'$ nên $A'B'$ là vật của mắt, do đó $A'B'$ phải dịch từ ∞ đến cực cận C_C.

a) *Ngắm chừng ở vô cực :*

$$G_{\infty} = \frac{\text{Đ}}{f} = \frac{100/3}{3{,}125} \approx 10{,}67$$

(Chú ý : Đ ở đây là khoảng nhìn rõ ngắn nhất của người quan sát tức bằng $\frac{100}{3}$ cm chứ không phải Đ qui ước bằng 25cm)



(H.227)

b) *Ngắm chừng ở cực cận C_C :*

Ảnh A'B' ở điểm cực cận C_C cách kính :

$$|d'| = l - \text{Đ} = 30 - \frac{100}{3} = \frac{10}{3} \text{ (cm)}$$

Vì $d' < 0$ nên : $d' = -\frac{10}{3}$ (cm)

Vị trí vật trong trường hợp này :

$$d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{-10/3 \times 3{,}125}{-10/3 - 3{,}125} = \frac{31{,}25}{19{,}375} \approx 1{,}613 \text{ (cm)}$$

Độ bội giác : $G_C = K = -\frac{d'}{d} = \frac{10/3}{1{,}613} \approx 2{,}07$

Vậy : $2{,}07 \leq G \leq 10{,}67$.

Bài tập 3. Một người cận thị có khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 15cm và giớ hạn nhìn rõ là 35cm. Người ấy quan sát một vật nhỏ qua một kính lúp c tiêu cự 5cm. Tính độ bội giác của ảnh khi ngắm chừng ở điểm cực viễn tron hai trường hợp.

a) Mắt đặt cách kính 10cm;

b) Mắt đặt cách kính 5cm. Có nhận xét gì về độ bội giác và vị trí đặt vậ trong trường hợp này.

Giải

a) *Mắt cách kính 10cm* :

Điểm cực viễn cách mắt :

$$MC_V = MC_C + C_CC_V = 15 + 35 = 50 \text{ (cm)}$$

Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn C_V thì ảnh A'B' ở C_V tức cách kính :

$$|d'| = MC_V - l = 50 - 10 = 40 \text{ (cm)}$$

Vì ảnh ảo nên : $d' = -40$ (cm)

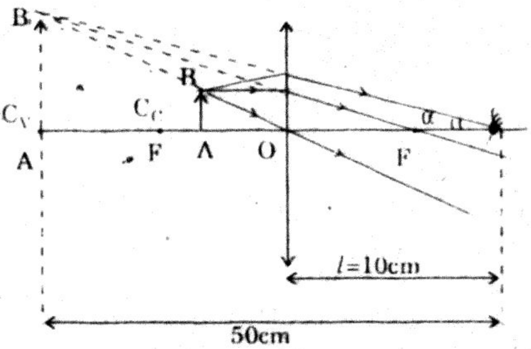
Vị trí đặt vật : $d = \overline{OA} = \frac{d'.f}{d' - f} = \frac{-40 \times 5}{-40 - 5} = \frac{200}{45}$ (cm)

Độ phóng đại ảnh :

$$K = -\frac{d'}{d} = -\frac{-40}{200/45} = 9$$

Độ bội giác :

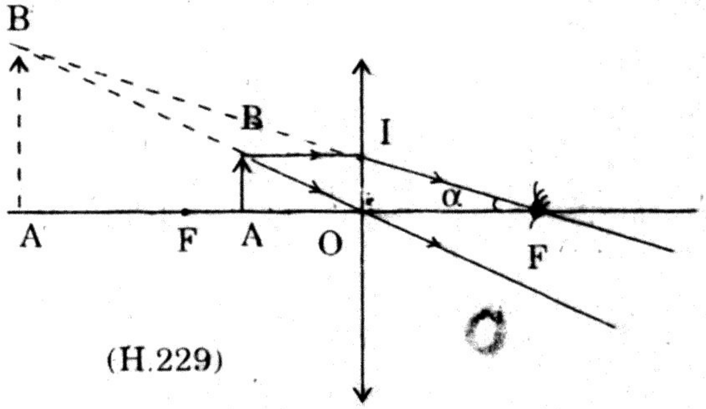
$$G_V = K\frac{Đ}{\left|d'\right| + l} = 9.\frac{15}{40+10} = 2,7$$



(H.228)

Vậy khi ngắm chừng ở cực viễn với mắt cách kính 10cm thì độ bội giác là 2,7.

b) *Mắt cách kính 5cm* : Mắt đặt ngay tiêu điểm ảnh F'



(H.229)

Góc trông ảnh bây giờ là $\alpha = \widehat{OF'I}$ nên :

$$tg\alpha \approx \alpha = \frac{OI}{OF'} = \frac{AB}{f}$$

Độ bội giác : $$G = \frac{\alpha}{\alpha_o} \approx \frac{tg\alpha}{tg\alpha_o} = \frac{AB/f}{AB/Đ} = \frac{Đ}{f} \qquad (1)$$

$$= \frac{15}{5} = 3$$

Theo công thức (1) ta thấy trong trường hợp mắt đặt tại tiêu điểm ảnh F' của kính thì G không phụ thuộc vào vị trí đặt vật.

Bài tập 4. Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 50cm. Người ấy quan sát một vật nhỏ qua kính lúp có độ tụ 20 điốp. Mắt đặt cách kính 10cm. Năng suất phân li của mắt là $\varepsilon = 1' \approx \frac{1}{3500}$ Rad.

Tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên vật mà mắt người ấy còn phân biệt được khi mắt không điều tiết.

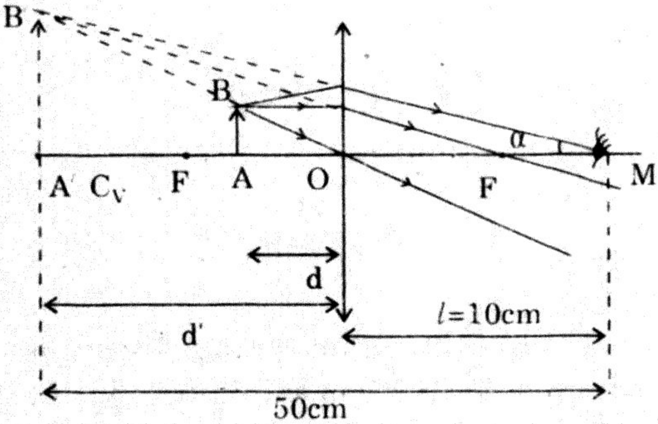
Giải

Tiêu cự kính : $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{20} = 0,05\,(m) = 5\,(cm).$

Để còn phân biệt được 2 điểm A, B trên vật qua kính tức mắt phải phân biệt được 2 điểm ảnh A', B' muốn vậy góc trông α phải lớn hơn hoặc bằng năng suất phân li ε của mắt :

$$\alpha \geq \varepsilon$$

Với : $\alpha \approx \text{tg}\alpha = \dfrac{A'B'}{MA'}$ nên :



(H.230)

$$\frac{A'B'}{MA'} \geq \varepsilon$$

$$\Rightarrow \quad A'B' \geq \varepsilon.MA' = \varepsilon(l + |d'|) \qquad (*)$$

Ta đi tính A'B' theo AB.

Có :

$$+ \quad |d'| = 50 - 10 = 40 \text{ (cm)} \quad \rightarrow \quad d' = -40 \text{ (cm)}$$

$$+ \quad d = \overline{OA} = \frac{d'.f}{d'-f} = \frac{-40 \times 5}{-40-5} = \frac{200}{45} \text{ (cm)}$$

$$+ \quad \frac{A'B'}{AB} = \left|\frac{d'}{d}\right| = \frac{40}{200/45} = 9 \quad \Rightarrow \quad A'B' = 9AB$$

Thay tất cả vào công thức (*) :

$$9.AB \geq \frac{1}{3500}(10 + 40) = \frac{1}{70} \quad \Rightarrow \quad AB \geq \frac{1}{630} \approx 1{,}59.10^{-3} \text{ (cm)}$$

Vậy khoảng cách ngắn nhất mà mắt còn phân biệt được khi ngắm chừng ở cực viễn là $1{,}59.10^{-3}$(cm).

ĐỀ THI

6.5. Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 45cm.

1. Xác định độ tụ của kính cần đeo để người này có thể nhìn rõ các vật ở xa vô cùng mà không cần điều tiết, kính cách mắt 5cm.

2. Khi đeo kính (kính vẫn cách mắt 5cm) người này có thể đọc được sách cách mắt gần nhất 20cm. Hỏi khoảng cực cận của mắt người này khi không đeo kính là bao nhiêu ?

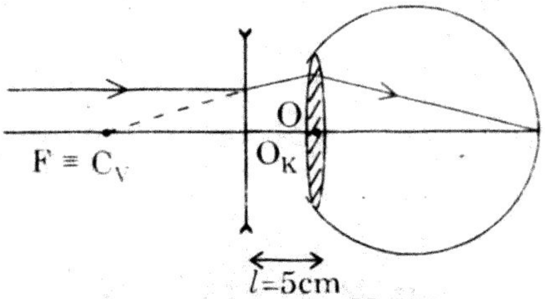
3. Để đọc được những dòng chữ nhỏ mà không cần điều tiết người này bỏ kính ra và dùng một kính lúp có tiêu cự f = 5cm đặt sát mắt. Khi đó trang sách đặt cách kính lúp bao nhiêu ? Độ bội giác của ảnh bằng bao nhiêu ?

(ĐH AN NINH – 96)

Giải

1. *Độ tụ của kính* :

Chùm sáng phát ra từ ∞ sau khi ló ra khỏi kính sẽ đi vào mắt. Chùm ló này tựa như phát ra từ tiêu điểm ảnh F' của kính. Vì mắt không điều tiết nên F' ở cực viễn C_V của mắt



(H.231)

Tiêu cự kính là :

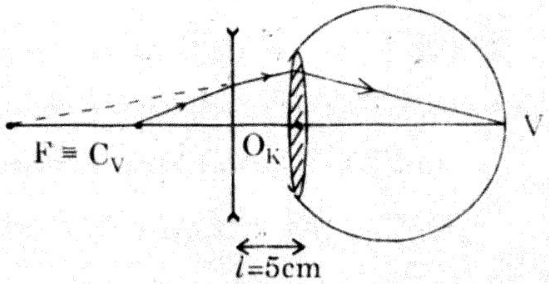
$$f_K = -O_KC_V = -(OC_V - OO_K) = -(45 - 5) = -40 \text{ (cm)}$$

Độ tụ : $D_K = \dfrac{1}{f_K} = -\dfrac{1}{0{,}4} = -2{,}5$ (điốp)

Vậy kính cần đeo là thấu kính phân kì có độ tụ –2,5 (điốp).

2. *Khoảng cực cận của mắt* (Khi không đeo kính) :

Chùm sáng phát ra từ S (vị trí đặt sách) chiếu đến kính sẽ khúc xạ vào mắt. Chùm khúc xạ này tựa như phát ra từ S'; S' là vật của mắt.



(H.232)

Vì S gần mắt nhất nên S' cũng gần mắt nhất. Vậy S' là điểm cực cận của mắt (khi không đeo kính)

Vị trí ảnh S' (cũng là điểm C_C) :

$$d' = \overline{O_KS'} = \frac{d.f_K}{d - f_K} \quad \text{với} \quad d = O_KS = 20 - 5 = 15 \text{ (cm)}$$

$$= \frac{15.(-40)}{15 + 40} \approx 10{,}9 \text{ (cm)}$$

Vậy S' cách mắt : $OS' = OO_K + O_KS' = 5 + 10{,}9 = 15{,}9$ (cm)

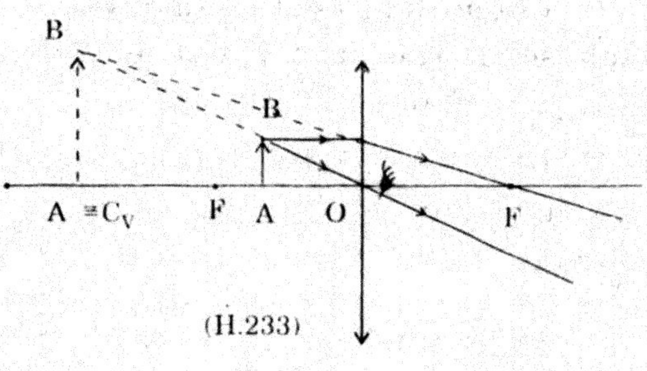
Khoảng cực cận của mắt khi không đeo kính là 15,9 (cm).

3. *Khoảng cách từ trang sách đến kính lúp - Độ bội giác :*

– Ảnh ảo A'B' là vật của mắt nên để mắt không điều tiết thì A'B' ở điểm cực viễn C_V của mắt tức:

$$OA' = OC_V = 45 \text{ (cm)}$$

hay $d' = -45$ (cm).



(H.233)

Vị trí đặt sách : $d = \overline{OA} = \dfrac{d'f}{d' - f} = \dfrac{-45 \times 5}{-45 - 5} = 4{,}5$(cm)

Vậy sách cách kính lúp 4,5 (cm).

– Độ bội giác : $G = K\dfrac{Đ}{|d'| + l}$ với $l = 0$; $K = -\dfrac{d'}{d}$.

nên : $G = -\dfrac{d'}{d} \times \dfrac{Đ}{-d'} = \dfrac{Đ}{d} = \dfrac{15,9}{4,5} \approx 3,5$

Vậy độ bội giác là 3,5.

6.6. Một người đứng tuổi khi nhìn những vật ở xa thì không phải đeo kính, nhưng khi đeo kính số 1 sẽ đọc được trang sách đặt cách mắt gần nhất là 25cm.

1. Xác định khoảng cách từ mắt người ấy đến điểm cực cận và điểm cực viễn khi không đeo kính.

2. Xác định độ biến thiên độ tụ của mắt người ấy từ trạng thái không điều tiết đến trạng thái điều tiết tối đa.

3. Người đó bỏ kính ra và dùng một kính lúp có tiêu cự f = 5cm để quan sát một vật nhỏ. Mắt đặt cách kính 10cm.

a) Phải đặt vật trong phạm vi nào trước kính?

b) Tìm độ bội giác của ảnh khi người đó ngắm chừng ở cận điểm và viễn điểm.

(ĐH ĐÀ NẴNG – 96)

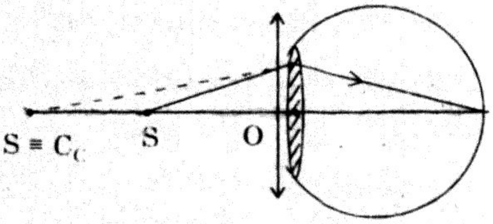
Giải

1. *Khoảng cách từ mắt đến viễn điểm và cận điểm :*

– Nhìn ở xa thì không đeo kính nên viễn điểm ở vô cực.

– Tiêu cự kính : $f = \dfrac{1}{D} = \dfrac{1}{1} = 1(m) = 100(cm)$

Gọi S' là ảnh ảo của S.



(H.236)

Chùm sáng phát ra từ S khi ló ra khỏi kính sẽ đi vào mắt. Chùm ló này tựa như phát ra từ S' nên S' là vật của mắt.

Hơn nữa vì S gần mắt nhất nên S' cũng gần mắt nhất, vậy S' trùng với điểm cực cận của mắt.

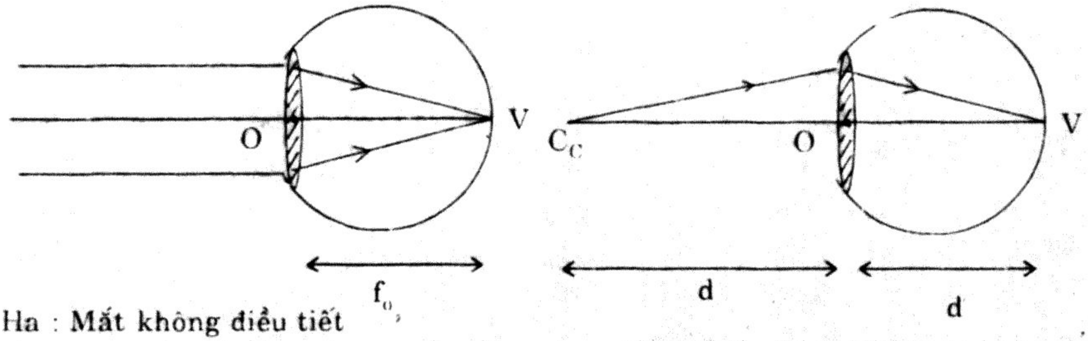
Vị trí ảnh S' : $d' = \overline{OS'} = \overline{OC_C} = \dfrac{d.f}{d-f}$

Với $d = \overline{OS} = 25$ (cm)

nên : $d' = \dfrac{25 \times 100}{25 - 100} = \dfrac{2500}{-75} \approx -33{,}3$ (cm).

Vậy điểm cực cận cách mắt 33,3 (cm).

2. *Độ biến thiên độ tụ của mắt :*



Ha : Mắt không điều tiết

(H.235)

Hb : Mắt điều tiết tối đa

– Khi mắt không điều tiết (Ha) thì độ tụ của mắt là :

$$D_o = \frac{1}{f_o} = \frac{1}{OV} \qquad (1)$$

– Khi mắt điều tiết tối đa (Hb) vật ở điểm cực cận C_C có ảnh ở võng mạc nên độ tụ :

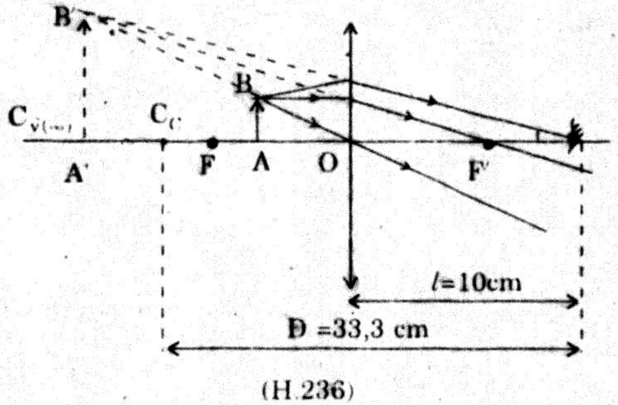
$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{OC_C} + \frac{1}{OV} \qquad (2)$$

Lấy (2) trừ (1) ta được :

$$D - D_o = \frac{1}{OC_C} = \frac{1}{0{,}333} = 3 \text{ (điốp)}$$

Vậy từ không điều tiết tới điều tiết tối đa, độ tụ của mắt tăng lên 3 điốp.

3. *Mắt nhìn vật qua kính lúp :*



(H.236)

a) ***Khoảng đặt vật :***

Mắt nhìn ảnh $A'B'$ nên $A'B'$ phải nằm từ vô cực (cực viễn) đến điểm cực cận của mắt.

– $A'B'$ ở vô cực : vật AB ở tiêu điểm F của thấu kính tức trước kính 5cm.

– $A'B'$ ở điểm cực cận tức cách kính :

$$OA' = OC_C = 33{,}3 - 10 = 23{,}3 \text{ (cm)} \quad \text{hay : } d' = \overline{OA'} = -23{,}3 \text{ (cm)}$$

Vị trí AB : $d = \overline{OA} = \dfrac{d'.f}{d'-f} = \dfrac{-23{,}3 \times 5}{-23{,}3 - 5} \approx 4{,}12$ (cm)

Vậy vật đặt trong khoảng từ 4,12cm đến 5cm trước kính.

b) *Độ bội giác :*

– Ngắm chừng ở vô cực : $G_{\infty} = \dfrac{Đ}{f} = \dfrac{33{,}3}{5} \approx 6{,}7$

– Ngắm chừng ở cực cận : $G_C = K_C = -\dfrac{d'}{d} = \dfrac{23{,}3}{4{,}12} \approx 5{,}7.$

6.7. Một người cận thị có khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 16cm và giới hạn nhìn rõ (tức khoảng cách từ điểm cực cận tới điểm cực viễn) là 30cm. Người ấy quan sát một vật nhỏ qua một kính lúp có tiêu cự 4cm. Mắt đặt cách kính 10cm.

1. Hỏi phải đặt vật trong khoảng nào trước kính ?

2. Tính độ bội giác của ảnh trong các trường hợp người ấy ngắm chừng ở điểm cực cận và ngắm chừng ở điểm cực viễn.

(ĐH TÀI CHÍNH KẾ TOÁN HN – 96)

Đáp số

1. $2{,}4(\text{cm}) \le d \le 3{,}6(\text{cm})$

2. $G_C = 2{,}5;\quad G_V = 3{,}5.$

6.8. Một người cận thị có điểm cực cận cách mắt 12cm và điểm cực viễn cách mắt 80cm. Người đó dùng một kính lúp có độ tụ 10 điốp để quan sát một vật nhỏ, mắt đặt sát kính.

1. Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính lúp ?

2. Tính độ bội giác của kính khi nhìn ảnh ở điểm cực cận và ở điểm cực viễn.

(ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI – 97)

Giải vắn tắt

1. $f = \dfrac{1}{10} = 0{,}1(\text{m}) = 10(\text{cm})$

$$d_1 = \frac{d_1'f}{d_1' - f} = \frac{-12 \times 10}{-12 - 10} \approx 5{,}45 \text{ (cm)}$$

$$d_2 = \frac{d_2'f}{d_2' - f} = \frac{-80 \times 10}{-80 - 10} \approx 8{,}89(\text{cm})$$

Vậy : $5{,}45(\text{cm}) \le d \le 8{,}89(\text{cm}).$

2. $$G_C = K_C = -\frac{d'_1}{d_1} = 2{,}2$$

$$G_V = K_V \frac{Đ}{|d_2| + l} = \frac{Đ}{d_2} = 1{,}35 .$$

6.9. **1.** Một người cận thị có giới hạn nhìn rõ từ 20cm đến 40cm. Có thể sửa tật cận thị bằng hai cách :

– Đeo kính O_1 để nhìn rõ những vật ở rất xa mà mắt không phải điều tiết.

– Đeo kính O_2 để nhìn rõ vật ở khoảng cách gần nhất 25cm như người bình thường.

Xem kính đặt sát mắt, hãy xác định :

a) Độ tụ của kính O_1, O_2.

b) Khoảng thấy rõ ngắn nhất khi đeo kính O_1 và khoảng thấy rõ dài nhất khi đeo kính O_2.

2. Người này không đeo kính và dùng kính lúp có độ tụ D = 10 điốp để quan sát một vật nhỏ. Quang tâm của mắt trùng với tiêu điểm ảnh của kính lúp. Tính độ bội giác của ảnh khi ngắm chừng ở điểm cực cận và điểm cực viễn.

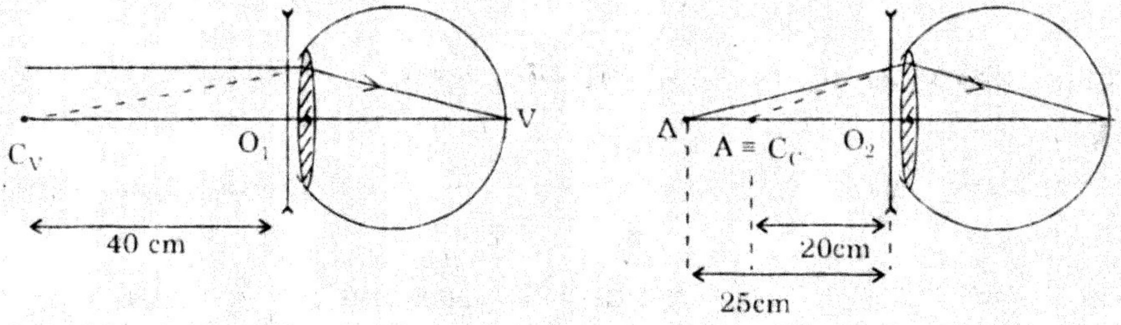
(HỌC VIỆN QUAN HỆ QUỐC TẾ – 97)

Giải

1. *Người cận thị đeo kính :*

Giới hạn nhìn rõ của mắt từ 20cm đến 40cm có nghĩa là khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận là 20cm (OC_C = 20cm) và khoảng cách từ mắt đến điểm cực viễn là 40cm (OC_V = 40cm).

a) *Độ tụ kính O_1 và O_2 :*



(Mắt đeo kính O_1) (Mắt đeo kính O_2)

(H.237)

– Tiêu cự kính O_1 : $f_1 = -OC_V = -40(\text{cm})$

Độ tụ O_1 : $$D_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{-0{,}4} = -2{,}5\,(\text{điốp})$$

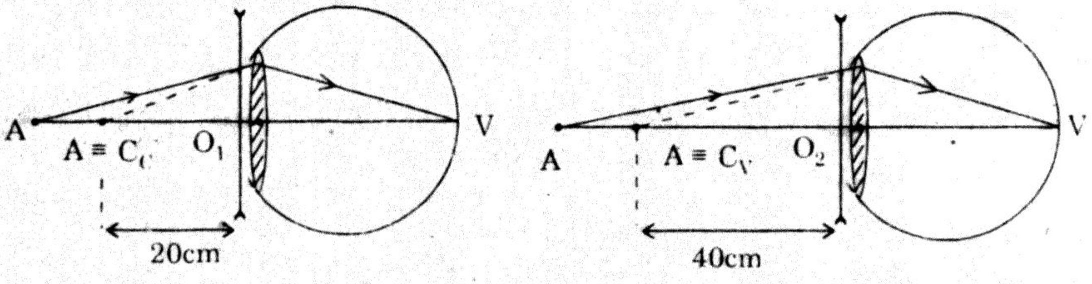
– Khi đeo kính O_2 thì vật ở A cách mắt 25cm ($d_2 = 25cm$) qua kính sẽ cho ảnh ở điểm cực cận C_C của mắt ($d_2 = -20cm$).

Vậy tiêu cự của kính O_2 là :

$$f_2 = \frac{d_2 d_2'}{d_2 + d_2'} = \frac{25(-20)}{25 + (-20)} = -100(cm)$$

Độ tụ : $D_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{-1(m)} = -1$ (điốp)

b) *Khoảng cách thấy rõ ngắn nhất và dài nhất :*



(Mắt đeo kính O_1) (H.238) (Mắt đeo kính O_2)

– Khi đeo kính O_1 vật ở gần mắt nhất mà mắt có thể thấy được (gọi là $d_{1\,min}$) có ảnh qua kính nằm ở cực cận của mắt ($d'_{min} = -O_1C_C = -20cm$).

Ta có : $$d_{1min} = \frac{d'_{1min} \times f_1}{d'_{1min} - f_1} = \frac{-20 \times (-40)}{-20 + 40} = 40(cm)$$

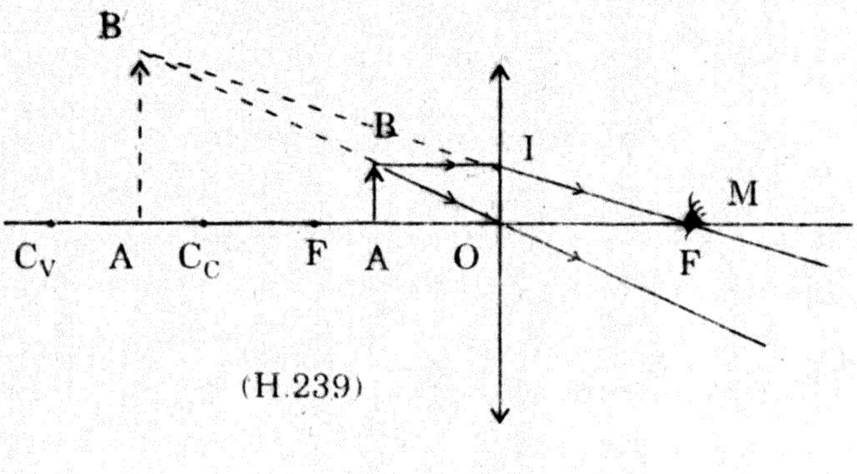
Vậy : Khoảng thấy rõ ngắn nhất khi đeo kính O_1 là 40cm.

– Khi đeo kính O_2, vật ở xa mắt nhất mà mắt có thể thấy được (gọi là d_{2max}) có ảnh qua kính nằm ở điểm cực viễn của mắt ($d'_{2max} = -40cm$).

Ta có : $$d_{2\,max} = \frac{d'_{2\,max} \times f_2}{d'_{2\,max} - f_2} = \frac{-40(-100)}{-40 + 100} \approx 66{,}7(cm)$$

Vậy : khoảng thấy rõ xa nhất khi đeo kính O_2 là 66,7(cm).

2. *Độ bội giác của ảnh khi nhìn qua kính lúp :*



(H.239)

Tiêu cự kính : $f = \dfrac{1}{D} = \dfrac{1}{10} = 0{,}1(m) = 10(cm)$

– Ngắm chừng ở cực cận :

Ảnh A'B' ở cực cận : $d'_1 = -OC_C = -(20cm - 10cm) = -10\ (cm)$

Vị trí vật AB lúc đó : $d_1 = \dfrac{d'_1.f}{d'_1 - f} = \dfrac{-10 \times 10}{-10-10} = 5(cm)$

Độ bội giác : $G_C = K_C = -\dfrac{d'_1}{d_1} = \dfrac{10}{5} = 2$

– Ngắm chừng ở cực viễn :

Ảnh A'B' ở điểm cực viễn : $d'_2 = -OC_V = -(40 - 10) = -30\ (cm)$

Vị trí vật AB lúc đó : $d_2 = \dfrac{d'_2.f}{d'_2 - f} = \dfrac{-30 \times 10}{-30-10} = 7{,}5(cm)$

Độ bội giác : $G_V = K_V \dfrac{Đ}{|d_2| + l} = \dfrac{-d'_2}{d_2} . \dfrac{Đ}{|d_2| + l} = \dfrac{30}{7{,}5} . \dfrac{20}{30+10} = 2$

– Nhận xét : như vậy $G_V = G_C$. Điều này dễ hiểu vì lúc mắt đặt tại tiêu điểm ảnh F', ta có :

$$G = \frac{tg\alpha}{tg\alpha_0} = \frac{\dfrac{OI}{f}}{\dfrac{AB}{Đ}} = \frac{Đ}{f} \quad \text{(vì AB = OI)}$$

$$= \frac{20}{10} = 2 \quad \text{(không phụ thuộc vị trí đặt vật).}$$

6.10. Một người cận thị khi đeo kính có độ tụ D = –2dp sẽ có giới hạn nhìn rõ từ 12,5cm tới vô cùng, kính đeo sát mắt.

1. Hỏi khi không đeo kính, người đó chỉ có thể nhìn thấy vật đặt trong khoảng nào ?

2. Người này bỏ kính ra và quan sát vật nhờ một kính lúp trên có ghi × 6,25, kính lúp đặt cách mắt 2cm.

a) Hỏi vật phải đặt trong khoảng nào trước kính lúp?

b) Tính độ bội giác của kính lúp khi vật đặt trước kính và cách kính 3,5cm.

(ĐH SƯ PHẠM HÀ NỘI 2 – 97)

Giải vắn tắt

1. + Tiêu cự kính : $f_1 = \dfrac{1}{D} = -50(cm)$

+ Có : $f_1 = -OC_V \rightarrow OC_V = 50$ (cm)

+ Vị trí điểm cực cận : $d'_C = \dfrac{d_C . f_1}{d_C - f_1} = \dfrac{12,5(-50)}{12,5 + 50} = 10(\text{cm})$

Vậy : khi không đeo kính mắt thấy từ 10cm đến 50cm.

2. **a)** Vành kính có ghi × 6,25 tức G_∞ là 6,25

Với $G_\infty = \dfrac{25}{f_2(\text{cm})} \rightarrow f_2 = \dfrac{25}{6,25} = 4(\text{cm})$

+ $d_1 = \dfrac{d'_C . f_2}{d'_C - f_2}$ với $d'_C = -\overline{OC}_C = -(10 - 2) = -8$ (cm)

nên : $d_1 = \dfrac{-8 \times 4}{-8 - 4} \approx 2,67(\text{cm})$

+ $d_2 = \dfrac{d'_V . f_2}{d'_V - f_2}$ với $d'_V = -\overline{OC}_V = -(50 - 2) = -48$ (cm)

nên : $d_2 = \dfrac{-48 \times 4}{-48 - 4} \approx 3,69$ (cm) Vậy : $2,67 \le d \le 3,69$ (cm).

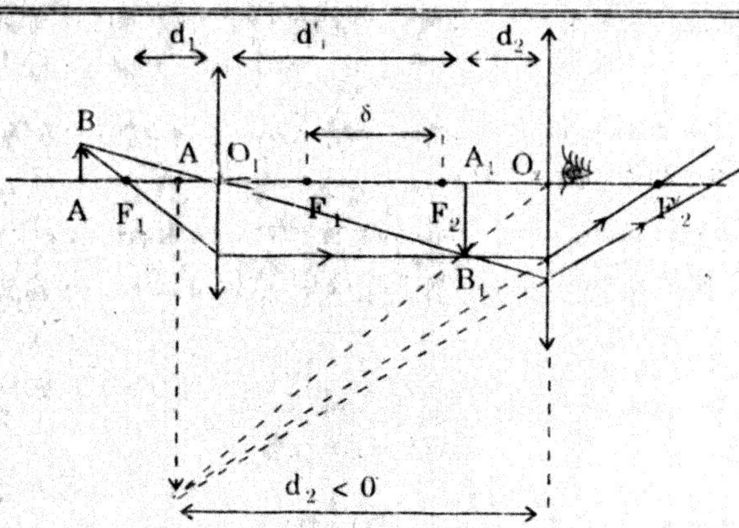
b) d = 3,5 (cm)

$$d' = \frac{df_2}{d - f_2} = \frac{3,5 \times 4}{3,5 - 4} = -28(\text{cm})$$

$$G = K.\frac{Đ}{|d'| + l} = -\frac{d'}{d}.\frac{Đ}{|d'| + l} = \frac{28}{3,5} \times \frac{10}{28 + 2} \approx 2,67.$$

KÍNH HIỂN VI

TÓM TẮT LÍ THUYẾT



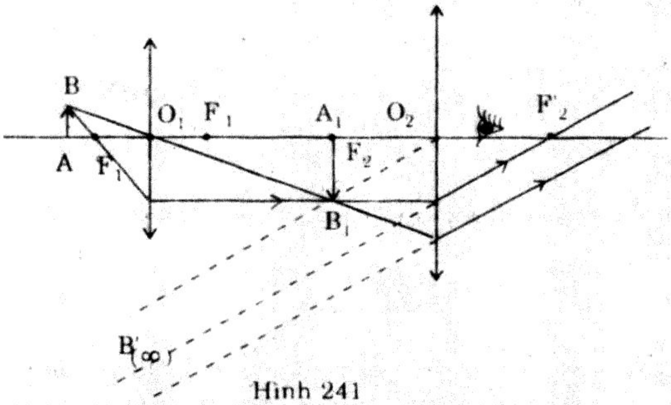
H. 240

– Vật kính và thị kính đều là thấu kính hội tụ, tiêu cự ngắn, đặt cùng trục và cách nhau một khoảng không đổi.

– Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực : $G_\infty = \dfrac{\delta.Đ}{f_1 \times f_2}$

Với $\delta = F_1'F_2$ là độ dài quang học.

– Khi ngắm chừng ở vô cực ảnh trung gian A_1B_1 nằm ngay tại tiêu diện vật của thị kính O_2 :

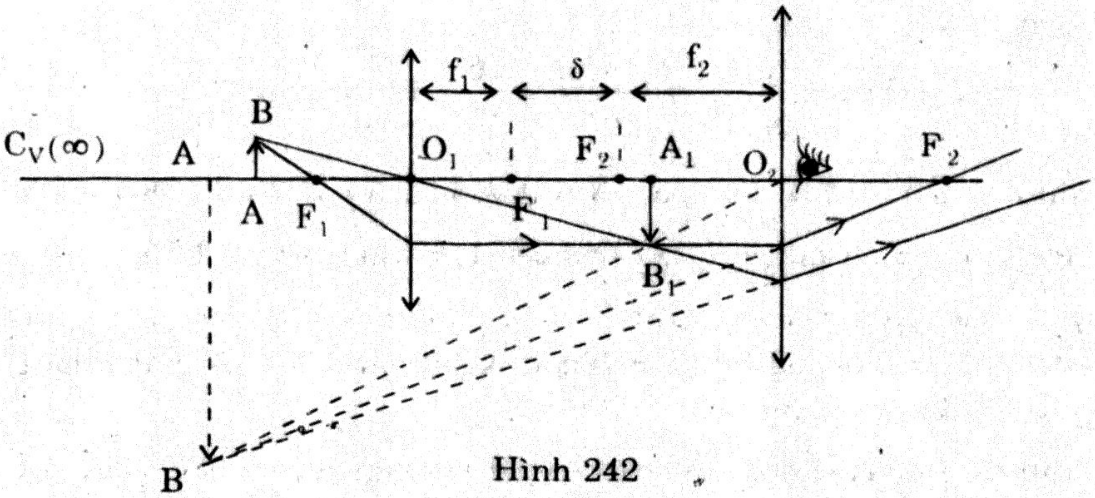


Hình 241

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 1cm$, thị kính có tiêu cự $f_2 = 4cm$. Chiều dài quang học của kính là 15cm. Người quan sát có điểm cực cận cách mắt 20cm và điểm cực viễn ở vô cực. Hỏi phải đặt vật trong khoảng nào trước vật kính. Biết mắt đặt sát sau thị kính.

Giải



Hình 242

Khoảng cách giữa vật kính và thị kính :

$$l = O_1O_2 = f_1 + \delta + f_2 = 1 + 15 + 4 = 20(cm)$$

Mắt nhìn ảnh ảo $A'B'$ nên $A'B'$ là vật của mắt. Do đó $A'B'$ phải dịch từ điểm cực cận C_C đến điểm cực viễn C_V của mắt tức $A'B'$ phải cách mắt (tức cách thị kính) từ 20cm đến vô cùng.

Quá trình tạo ảnh của kính hiển vi giống như quá trình tạo ảnh qua hệ 2 thấu kính ghép đồng trục và được tóm tắt theo sơ đồ sau :

$$\begin{array}{ccccc} AB & \xrightarrow[O_1]{\text{Vật kính}} & A_1B_1 & \xrightarrow[O_2]{\text{Thị kính}} & A'B' \\ \smile & & \smile \quad \smile & & \smile \\ d_1 & & d_1' \quad d_2 & & d_2' \end{array}$$

a) *Ngắm ảnh $A'B'$ ở cực cận* :

$$d_2' = \overline{O_2A'} = -20\text{cm}$$

$$d_2 = \overline{O_2A_1} = \frac{d_2'.f_2}{d_2' - f_2} = \frac{-20 \times 4}{-20 - 4} = \frac{10}{3}\ (\text{cm})$$

$$d_1' = \overline{O_1A_1} = l - d_2 = 20 - \frac{10}{3} = \frac{50}{3}\ (\text{cm})$$

$$d_1 = \overline{O_1A} = \frac{d_1'f_1}{d_1' - f_1} = \frac{\frac{50}{3} \times 1}{\frac{50}{3} - 1} = \frac{50}{47} \approx 1{,}064\ (\text{cm})$$

Khi ngắm ảnh A'B' ở điểm cực cận thì vật AB cách vật kính 1,064 (cm).

b) *Ngắm ảnh $A'B'$ ở điểm cực viễn* (tức vô cực) :

Lúc này ảnh trung gian A_1B_1 ở tiêu diện vật của thị kính tức :

$$d_2 = \overline{O_2A_1} = f_2 = 4\ (\text{cm})$$

$$d_1' = \overline{O_1A_1} = l - d_2 = 20 - 4 = 16\ (\text{cm})$$

$$d_1 = \overline{O_1A} = \frac{d_1'f_1}{d_1' - f_1} = \frac{16 \times 1}{16 - 1} = \frac{16}{15} \approx 1{,}067\ (\text{cm})$$

Khi ngắm ảnh A'B' ở vô cực thì vật AB cách vật kính 1,067 (cm)

Vậy : Vật AB phải dịch từ 1,064cm đến 1,067cm trước vật kính.

Bài tập 2. Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự f_1 = 1cm, thị kính có tiêu cự f_2 = 4cm, độ dài quang học δ = 16cm. Người quan sát có mắt không có tật và có khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 20cm.

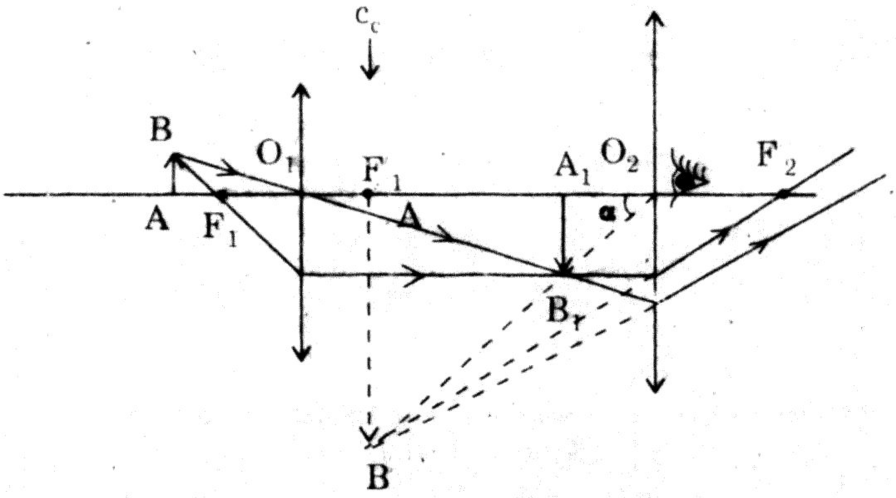
Tính độ bội giác của ảnh trong các trường hợp người quan sát ngắm chừng ở vô cực và ở điểm cực cận.

Giải

a) *Ngắm chừng ở vô cực* :

$$G_\infty = \frac{\delta.Đ}{f_1.f_2} = \frac{16 \times 20}{1 \times 4} = 80$$

b) *Ngắm chừng ở điểm cực cận :*



Hình 243

Khoảng cách l giữa vật kính và thị kính :

$$l = O_1O_2 = f_1 + \delta + f_2 = 1 + 16 + 4 = 21 \text{ (cm)}$$

Điểm cực cận cách mắt 20cm tức trùng với tiêu điểm ảnh F_1'.

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow[O_1]{\text{Vật kính}} \underbrace{A_1B_1}_{d_1' \quad d_2} \xrightarrow[O_2]{\text{Thị kính}} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$

– Trước khi tính độ bội giác ta đi tính d_1, d_1', d_2.

Ngắm chừng ở điểm cực cận nên $A'B'$ ở điểm cực cận tức cách thị kính 20cm :

+ $$d_2' = \overline{O_2A'} = -20 \text{(cm)}$$

+ $$d_2 = \overline{O_2A_1} = \frac{d_2'.f_2}{d_2' - f_2} = \frac{-20 \times 4}{-20 - 4} = \frac{10}{3} \text{ (cm)}$$

+ $$d_1' = \overline{O_1A_1} = l - d_1' = 21 - \frac{10}{3} = \frac{53}{3} \text{ (cm)}$$

$$d_1 = \overline{O_1A} = \frac{d_1'f_1}{d_1' - f_1} = \frac{\frac{53}{3} \times 1}{\frac{53}{3} - 1} = \frac{53}{50} \text{ (cm)}$$

– Độ bội giác : $G_C = \dfrac{\alpha}{\alpha_o} \approx \dfrac{tg\alpha}{tg\alpha_o}$

Với : $tg\alpha = \dfrac{A_1B_1}{O_2A_1} = \dfrac{A_1B_1}{d_2}$ và $tg\alpha_o = \dfrac{AB}{Đ}$ nên :

$$G_C = \frac{\dfrac{A_1B_1}{d_2}}{\dfrac{AB}{\text{Đ}}} = \frac{A_1B_1}{AB} \times \frac{\text{Đ}}{d_2} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{\text{Đ}}{d_2}$$

Thay các giá trị vừa tính ở trên vào G_C ta được :

$$G_C = \frac{\dfrac{53}{3}}{\dfrac{53}{50}} \times \frac{20}{\dfrac{10}{3}} = \frac{50}{3} \times \frac{3 \times 20}{10} = 100$$

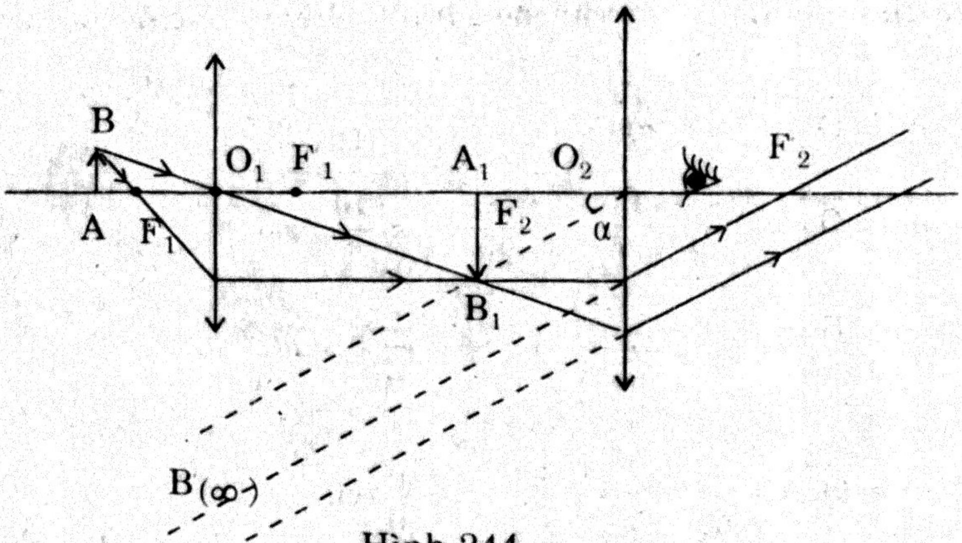
Bài tập 3. Vật kính của kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 0{,}8$cm, thị kính có tiêu cự $f_2 = 2$cm, khoảng cách giữa hai kính là $l = 16$cm. Một người mắt không tật quan sát một vật nhỏ qua kính trong trạng thái ngắm chừng ở vô cực. Tính khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm A, B trên vật mà mắt người ấy còn phân biệt được khi nhìn qua kính, biết năng suất phân li của mắt là $\varepsilon = 1' \approx \dfrac{1}{3500}$ Rad.

Giải

Sơ đồ tạo ảnh của vật AB qua kính :

$$AB \xrightarrow[O_1]{\text{Vật kính}} A_1B_1 \xrightarrow[O_2]{\text{Thị kính}} A'B'$$

$$\underset{d_1}{\smile} \qquad\qquad \underset{d_1'}{\smile} \quad \underset{d_2}{\smile} \qquad\qquad \underset{d_2'}{\smile}$$



Hình 244

- Trước tiên ta đi tính d_2, d_1' và d_1.

Ngắm chừng ở vô cực nên $d_2' = \infty$, ảnh trung gian A_1B_1 nằm ngay tiêu diện vật của thị kính nên :

$$d_2 = f_2 = 2 \text{ (cm)}$$

và suy ra : $d_1' = \overline{O_1A_1} = l - d_2 = 16 - 2 = 14$ (cm)

$$d_1 = \overline{O_1A} = \frac{d_1'f_1}{d_1' - f_1} = \frac{14 \times 0,8}{14 - 0,8} = \frac{11,2}{13,2} \text{ (cm)}$$

– Mắt trông ảnh A'B' dưới góc trông $\alpha = \widehat{A_1O_2B_1}$. Để phân biệt được 2 điểm A, B qua kính tức phân biệt 2 ảnh A', B' của nó, muốn vậy : $\alpha \geq \varepsilon$

Với $\alpha \approx \text{tg}\alpha = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{d_2}$, vậy :

$$\frac{A_1B_1}{d_2} \geq \varepsilon \rightarrow A_1B_1 \geq \varepsilon\, d_2 \qquad (1)$$

mà : $$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{d_1'}{d_1} \rightarrow A_1B_1 = \frac{d_1'}{d_1}.AB \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $\frac{d_1'}{d_1}.AB \geq \varepsilon\,.\,d_2 \quad \Rightarrow \quad AB \geq \frac{\varepsilon d_2.d_1}{d_1} = \frac{1}{3500} \times \frac{2 \times \frac{11,2}{13,2}}{14}$

$$AB \geq 0,0000346 \text{ (cm)}.$$

Vậy khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm A, B mà mắt còn phân biệt được là $34,6.10^{-6}$(cm).

ĐỀ THI

6.11. Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự 5 mm, thị kính tiêu cự 4cm. Vật được đặt trước tiêu diện kính vật, cách tiêu diện 0,1 mm. Người quan sát mắt không có tật, khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 20cm, điều chỉnh ống kính (khoảng cách giữa hai kính) để mắt quan sát ảnh không phải điều tiết.

a) Tìm độ bội giác của ảnh và độ dài quang học của kính hiển vi.

b) Năng suất phân li của mắt là 2' ($1' = 3.10^{-4}$Rad).

Tìm khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên vật mà mắt người nói trên còn phân biệt được hai ảnh của chúng qua kính hiển vi.

c) Để độ bội giác có độ lớn bằng số phóng đại dài K của ảnh, người quan sát phải điều chỉnh độ dài ống kính bằng bao nhiêu? (vật và kính vật được giữ không đổi). Tìm độ bội giác đó.

(ĐH LUẬT HÀ NỘI – 96)

Giải

a) *Độ dài quang học và độ bội giác khi quan sát ảnh mà mắt không điều tiết :*

– Ảnh trung gian A_1B_1 cách vật kính :

$$d_1' = \overline{O_1A_1} = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} \qquad \text{với} \qquad d_1 = O_1A = OF_1 + F_1A_1$$

$$= 5 + 0{,}1 = 5{,}1\ (\text{mm})$$

nên : $$d_1' = \frac{0{,}51 \times 0{,}5}{0{,}51 - 0{,}5} = 25{,}5(\text{cm})$$

Mắt không có tật nên quan sát ảnh mà mắt không điều tiết tức quan sát ảnh ở vô cực, do đó A_1B_1 ở tiêu diện vật của thị kính :

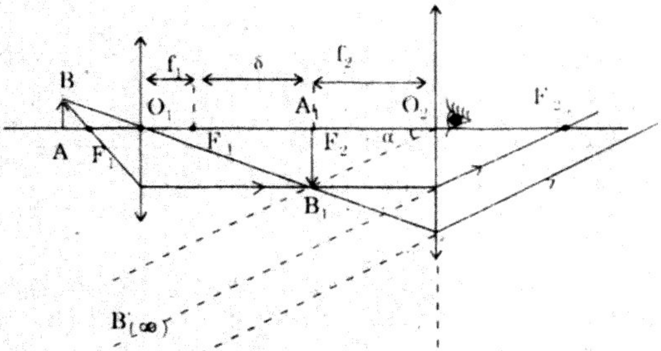
$$A_1 \equiv F_2.$$

Do đó độ dài quang học :

$$\delta = F_1'F_2 = O_1F_2 - O_1F_1'$$

$$= d_1' - f_1 = 25{,}5 - 0{,}5$$

$$= 25\ (\text{cm})$$



Hình 245

Vậy : độ dài quang học là 25 (cm)

– Độ bội giác : $$G_\infty = \frac{\delta.Đ}{f_1 \times f_2} = \frac{25 \times 20}{0{,}5.4} = 250.$$

b) *Khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên vật mà mắt còn phân biệt được hai ảnh của nó :*

Góc trông ảnh $A'B'$ khi ngắm nó ở vô cực :

$$\alpha \approx \text{tg}\alpha = \frac{A_1B_1}{f_2}$$

Điều kiện để phân biệt được 2 điểm ảnh A', B' là :

$$\alpha = \frac{A_1B_1}{f_2} \geq \varepsilon \quad \Rightarrow \quad A_1B_1 \geq \varepsilon\ .\ f_2$$

mà : $$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{d_1'}{d_1} \quad \Rightarrow \quad A_1B_1 = \frac{d_1'}{d_1}.AB$$

nên : $$\frac{d_1'}{d_1}.AB \geq \varepsilon.f_2 \quad \Rightarrow \quad AB \geq \frac{d_1}{d_1'} \times \varepsilon f_2 = \frac{0{,}51}{25{,}5}.6.10^{-4}.4$$

$$AB \geq 0{,}48.10^{-4}\ (\text{cm})$$

Vậy khoảng cách giữa hai điểm A, B ngắn nhất là $0{,}48.10^{-4}$ (cm).

c) *Chiều dài ống kính để K = G :*

Chú ý rằng sau khi đã điều chỉnh chiều dài ống thì ta không còn ngắm chừng ở vô cực nữa. Ta có :

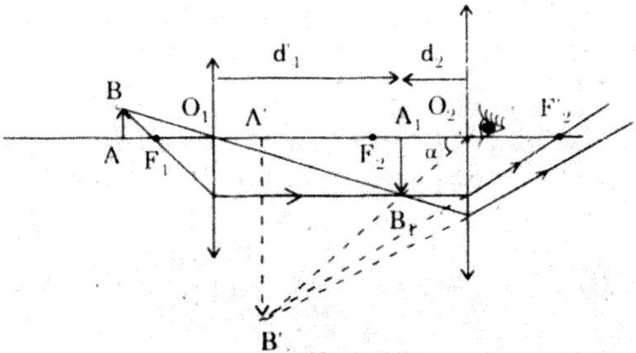
$$K = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2} \qquad (\text{với } K < 0)$$

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{A_1B_1 / d_2}{AB / Đ} = \frac{A_1B_1}{AB} \times \frac{Đ}{d_2} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{Đ}{d_2}$$

Để 2 độ lớn trên bằng nhau :

$$\frac{d_1'}{d_1} \times \frac{|d_2'|}{d_2} = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{Đ}{d_2}$$

$$\Rightarrow \quad |d_2'| = Đ = 20(\text{cm})$$



Hình 246

Tính được :

$$d_2 = \frac{d_2'.f_2}{d_2' - f_2} = \frac{-20 \times 4}{-20 - 4}$$

$$= \frac{80}{24} = \frac{10}{3} \text{ (cm)}$$

Chiều dài ống bây giờ là :

$$l = d_1' + d_2 = 25{,}5 + \frac{10}{3} \approx 28{,}83(\text{cm})$$

(Trước khi dịch thì chiều dài ống là : $d_1' + f_2 = 25{,}5 + 4 = 29{,}5$cm)

Lúc này : $G = \dfrac{25{,}5}{0{,}51} \times \dfrac{20}{\dfrac{10}{3}} = 300.$

.12. **Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự f = 0,82cm, thị kính có tiêu ư f_2 = 2,1cm khoảng cách giữa hai kính là 16cm.**

1. Một người mắt không có tật (khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 25cm) quan át một tiêu bản qua kính trong trạng thái ngắm chừng ở vô cực. Tính hoảng cách từ vật đến vật kính và độ bội giác của ảnh.

2. Người ta muốn chiếu ảnh của tiêu bản lên một màn ảnh bằng cách giữ ố định vật và vật kính rồi dịch chuyển thị kính đi một chút. Biết vị trí mới ủa thị kính nằm cách màn ảnh 30cm. Xác định chiều và độ lớn của khoảng ịch chuyển của thị kính. Tính độ phóng đại của ảnh lúc đó.

(ĐH NÔNG NGHIỆP I – 96)

Giải

1. *Khoảng cách từ vật đến vật kính và độ bội giác :*

Sơ đồ tạo ảnh qua kính :

$$AB \xrightarrow[O_1]{\text{Vật kính}} A_1B_1 \xrightarrow[O_2]{\text{Thị kính}} A'B'$$

$$d_1 \qquad d'_1 \quad d_2 \qquad d'_2$$

+ Ngắm chừng ở vô cực nên $d'_2 = \infty$, do đó A_1B_1 nằm tại tiêu diện v

của thị kính O_2 tức :

$$d_2 = f_2 = 2,1 \text{ (cm)}.$$

+ $$d'_1 = l - d_2 = 16 - 2,1 = 13,9 \text{ (cm)}$$

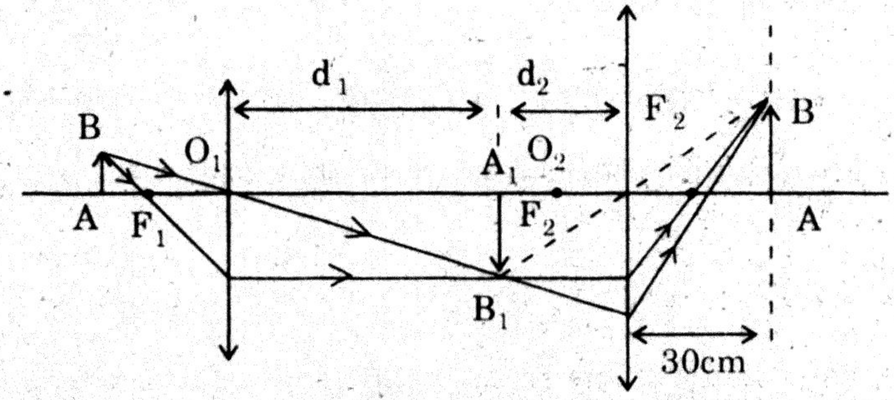
+ Khoảng cách từ vật đến thấu kính O_1 :

$$d_1 = \frac{d'_1.f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{13,9 \times 0,82}{13,9 - 0,82} \approx 0,8714 \text{ (cm)}$$

+ Độ bội giác của ảnh :

$$G_\infty = \frac{\delta.Đ}{f_1.f_2} = \frac{(l - f_1 - f_2)Đ}{f_1.f_2} = \frac{(16 - 0,82 - 2,1).25}{0,82 \times 2,1} \approx 190.$$

2. *Chiều và độ lớn khoảng dịch chuyển thị kính để hứng ảnh trên màn. Độ phóng đại ảnh :*



Hình 247

– Vì AB và vật kính O_1 cố định nên A_1B_1 cố định. Để có được ảnh A' thật (hiện trên màn) thì A_1B_1 phải nằm ngoài O_2F_2. Vậy thị kính phải d ra xa vật kính một khoảng A_1F_2 (trước đó F_2 trùng với A_1).

Thị kính bây giờ cách A_1 khoảng :

$$d_2 = O_2A_1 = \frac{d'_2f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{30 \times 2,1}{30 - 2,1} \approx 2,258 \text{ (cm)}$$

Vậy độ dịch thị kính là :

$$\Delta d_2 = 2,258 - 2,1 = 0,158 \text{ (cm)}$$

– Độ phóng đại ảnh :

$$k = \frac{d'_1}{d_1} \times \frac{d'_2}{d_2} = \frac{13,9}{0,8714} \times \frac{30}{2,258} \approx 212.$$

3. Một kính hiển vi học sinh gồm vật kính O_1 có tiêu cự $f_1 = 2,4$cm, kính O_2 có tiêu cự $f_2 = 4$cm được đặt cách nhau một khoảng không đổi 16cm. Vật nhỏ AB đặt trước vật kính, khoảng cách từ vật tới vật kính có điều chỉnh thay đổi dễ dàng.

1. Một học sinh mắt không có tật, điều chỉnh kính để quan sát AB qua h mà mắt không phải điều tiết. Tính khoảng cách d_1 từ AB đến vật kính độ bội giác của ảnh. Vẽ hình. Biết khoảng nhìn rõ ngắn nhất của học h này là 24cm.

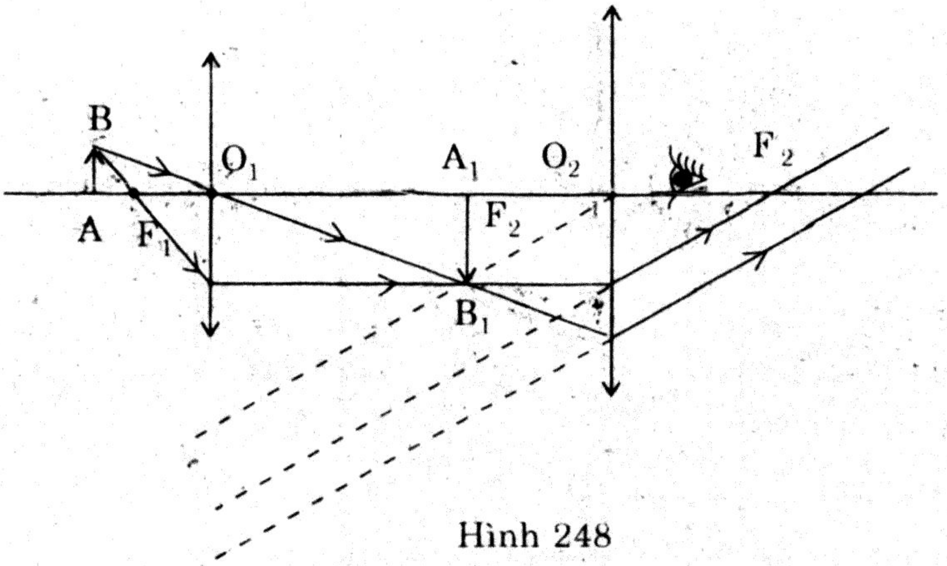
2. Học sinh thứ hai có điểm cực viễn cách mắt 36cm (không deo kính) m sát tiếp học sinh trên và để mắt không phải điều tiết, học sinh này i dịch chuyển AB một khoảng bao nhiêu ? Theo chiều nào ?

3. Thầy giáo chiếu ảnh của một vật lên màn, biết ảnh có độ phóng đại = 40. Hỏi phải đặt AB cách vật kính bao nhiêu ? Màn ảnh cách thị kính nhiêu ?

(HỌC VIỆN KĨ THUẬT MẬT MÃ – 97)

Giải

1. *Khoảng cách từ vật đến vật kính khi ngắm chừng ở vô cực :*



Hình 248

Sơ đồ tạo ảnh qua kính :

$$\underset{d_1}{AB} \xrightarrow[O_1]{\text{Vật kính}} \underset{d_1' \quad d_2}{A_1B_1} \xrightarrow[O_2]{\text{Thị kính}} \underset{d_2'}{AB}$$

+ $d_2' = \infty$

+ $d_2 = f_2 = 4$(cm)

+ $d_1' = l - d_2 = 16 - 4 = 12$(cm)

+ $d_1 = \dfrac{d_1' f_1}{d_1' - f_1} = \dfrac{12 \times 2,4}{12 - 2,4} = 3(\text{cm})$

Vậy khoảng cách từ AB đến vật kính là 3cm.

+ Độ bội giác : $G_\infty = \dfrac{\delta . Đ}{f_1 . f_2}$ với $\delta = l - (f_1 + f_2) = 9,6\ (\text{cm})$

$$= \frac{9,6 \times 24}{2,4 \times 4} = 24.$$

2. *Chiều và độ dịch vật AB để học sinh thứ hai nhìn thấy :*

Cũng vẫn sử dụng sơ đồ tạo ảnh như trên, ta có :

+ $d_2' = -36(\text{cm})$

+ $d_2 = \dfrac{d_2' f_2}{d_2' - f_2} = \dfrac{-36 \times 4}{-36 - 4} = 3,6(\text{cm})$

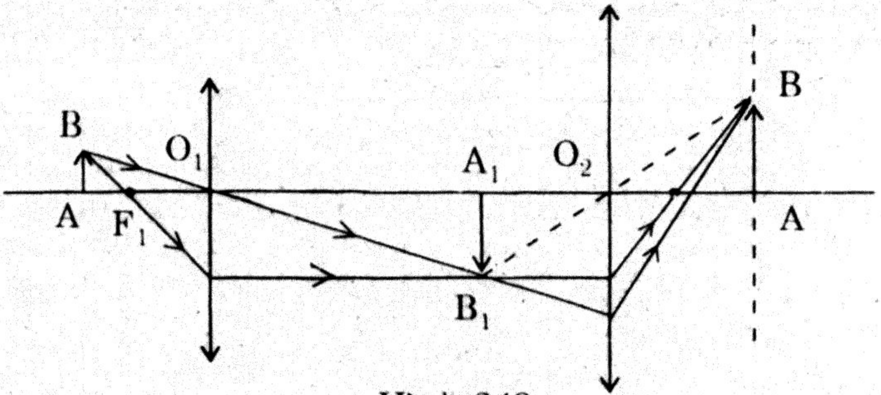
+ $d_1' = l - d_2 = 16 - 3,6 = 12,4\ (\text{cm})$

+ $d_1 = \dfrac{d_1' f_1}{d_1' - f_1} = \dfrac{12,4 \times 2,4}{12,4 - 2,4} = 2,976(\text{cm})$ (bé hơn trước)

Vậy : phải dịch vật AB về gần vật kính khoảng :

$$\Delta d_1 = 3 - 2,976 = 0,024\ (\text{cm})$$

3.



Hình 249

Độ phóng đại ảnh :

$$K = \frac{d_1'}{d_1} \times \frac{d_2'}{d_2} = 40$$

Với : $d_1 = \dfrac{d_1' f_1}{d_1' - f_1} \quad \Rightarrow \quad \dfrac{d_1'}{d_1} = \dfrac{d_1' - f_1}{f_1}.$

Và : $d_2' = \dfrac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} \quad \to \quad \dfrac{d_2'}{d_2} = \dfrac{f_2}{d_2 - f_2}$

Vậy : $K = \dfrac{d_1' - f_1}{f_1} \times \dfrac{f_2}{d_2 - f_2}$

Thay $d_2 = l - d_1' = 16 - d_1'$ ta được :

$$K = \frac{d_1 - 2{,}4}{2{,}4} \times \frac{4}{(16 - d_1') - 4} = 40$$

$$\frac{d_1' - 2{,}4}{2{,}4 \times (12 - d_1')} = 10$$

$$d_1' - 2{,}4 = 288 - 24d_1' \qquad \Rightarrow \qquad d_1' = 11{,}616\ (\text{cm})$$

Vậy : $d_1 = \dfrac{d_1' f_1}{d_1' - f_1} = \dfrac{11{,}616 \times 2{,}4}{11{,}616 - 2{,}4} = 3{,}025(\text{cm})$;

Vật cách vật kính 3,025cm.

Và màn cách thị kính :

$$d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} \qquad \text{Với } d_2 = 16 - 11{,}616 = 4{,}384\ (\text{cm})$$

nên : $d_2' = \dfrac{4{,}384 \times 4}{4{,}384 - 4} = 45{,}7(\text{cm})$.

.14. Một kính hiển vi với vật kính có tiêu cự 0,5cm, thị kính có độ tụ 25 dp ặt cách nhau đoạn cố định 20,5cm. Mắt quan sát viên đặt ở tiêu điểm ảnh ủa thị kính. Mắt thường và có điểm cực cận xa mắt 25cm. Hỏi :

1. Phạm vi ngắm chừng của kính hiển vi ?

2. Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực và ở điểm cực cận.

3. Năng suất phân li của mắt là 3.10^{-4} Rad. Mắt không điều tiết. Khoảng ách ngắn nhất giữa hai điểm trên vật có thể quan sát qua kính hiển vi là ao nhiêu ?

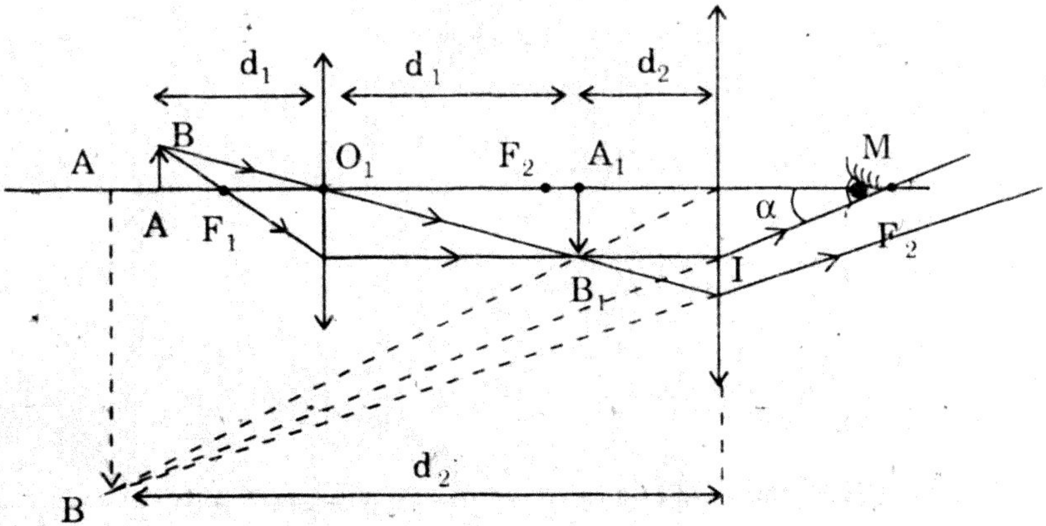
(ĐH SƯ PHẠM VINH – 97)

Giải

1. *Phạm vi ngắm chừng của kính hiển vi :*

Phạm vi ngắm chừng của kính hiển vi tức khoảng cách giữa hai vị trí ặt vật trước vật kính khi ngắm chừng ở cực cận và ở vô cực. Sơ đồ tạo ảnh ua kính :

$$\underbrace{AB}_{d_1} \xrightarrow[O_1]{\text{Vật kính}} \underbrace{A_1B_1}_{d_1'\ d_2} \xrightarrow[O_2]{\text{Thị kính}} \underbrace{A'B'}_{d_2'}$$



Hình 250

a) *Ngắm chừng ở cực cận :*

Cực cận cách thị kính :

$$O_2C_C = MC_C - MO_2 = 25 - 4 = 21(\text{cm})$$

$$MO_2 = f_2 = \frac{1}{25} = 0{,}04\text{m} = 4\text{cm}$$

Vậy : + $d'_2 = -21(\text{cm})$

+ $d_2 = \dfrac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \dfrac{-21 \times 4}{-21 - 4} = \dfrac{84}{25} = 3{,}36(\text{cm})$

+ $d'_1 = l - d_2 = 20{,}5 - 3{,}36 = 17{,}14(\text{cm})$

+ $d_1 = \dfrac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \dfrac{17{,}14 \times 0{,}5}{17{,}14 - 0{,}5} = 0{,}515024(\text{cm})$

Khi ngắm chừng ở cực cận, vật cách vật kính 0,515024cm.

b) *Ngắm chừng ở vô cực :*

+ $d'_2 = \infty$

+ $d_2 = f_2 = 4$ (cm)

+ $d'_1 = l - d_2 = 20{,}5 - 4 = 16{,}5$ (cm)

+ $d_1 = \dfrac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \dfrac{16{,}5 \times 0{,}5}{16{,}5 - 0{,}5} = 0{,}515625(\text{cm})$: khi ngắm chừng ở vô cực, vật AB cách vật kính 0,515625(cm).

Vậy phạm vi ngắm chừng của kính hiển vi là :

$$\Delta d_1 = 0{,}515625 - 0{,}515024 = 0{,}000601 \text{ (cm)}$$

2. *Độ bội giác :* $\alpha = \dfrac{O_2I}{O_2F'_2} = \dfrac{A_1B_1}{f_2}$; $\alpha_0 = \dfrac{AB}{Đ}$

nên : $G = \dfrac{\alpha}{\alpha_0} = \dfrac{\dfrac{A_1B_1}{f_2}}{\dfrac{AB}{Đ}} = \dfrac{A_1B_1}{AB} \times \dfrac{Đ}{f_2}$

mà $\dfrac{A_1B_1}{AB} = \dfrac{d_1}{d_1}$ nên : $G = \dfrac{d_1'}{d_1} \times \dfrac{Đ}{f_2}$

– Ngắm chừng ở điểm cực cận C_C : $G_C = \dfrac{17{,}14}{0{,}515024} \times \dfrac{25}{4} \approx 208.$

– Ngắm chừng ở vô cực : $G_{\infty} = \dfrac{16{,}5}{0{,}515625} \times \dfrac{25}{4} = 200.$

3. *Khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm* :

Để phân biệt được 2 điểm A, B qua kính hiển vi thì phải phân biệt 2 inh A', B' của nó. Muốn vậy : $\alpha \geq \varepsilon$

$$\frac{A_1B_1}{f_2} \geq \varepsilon \quad \Rightarrow \quad A_1B_1 \geq \varepsilon f_2$$

mà : $\dfrac{A_1B_1}{AB} = \dfrac{d_1'}{d_1} \Rightarrow A_1B_1 = \dfrac{d_1'}{d_1} \times AB$ nên : $\dfrac{d_1}{d_1}.AB \geq \varepsilon . f_2$

$$AB \geq \frac{d_1}{d_1}.\varepsilon.f_2 = \frac{0{,}515625}{16{,}5}.3.10^{-4}.4$$

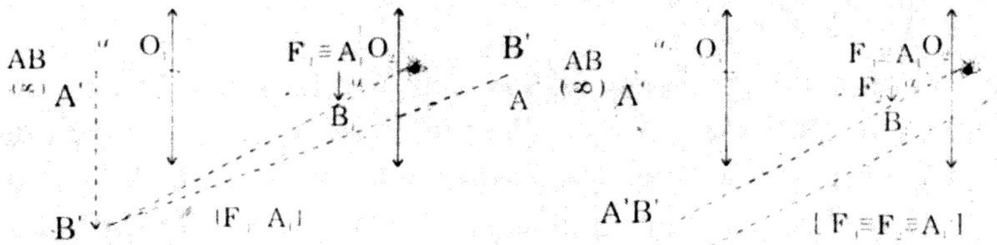
$$AB \geq 0{,}375.10^{-4}(cm)$$

Vậy khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm A, B mà mắt còn phân biệt ược khi ngắm ở vô cực là $0{,}375.10^{-4}$cm.

KÍNH THIÊN VĂN

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

– Kính thiên văn là dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt làm tăng góc rông ảnh của những vật rất xa (các thiên thể)



Hình 257

– Vật kính là thấu kính hội tụ có tiêu cự dài, thị kính là thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn. Hai kính được lắp cùng trục, khoảng cách giữa chúng thay đổi được.

– Ảnh trung gian A_1B_1 luôn luôn hiện ở tiêu diện ảnh của vật kính ($A_1 \equiv F_1'$).

– Khi ngắm chừng ở vô cực, tiêu điểm ảnh của vật kính trùng với tiêu điểm vật của thị kính.

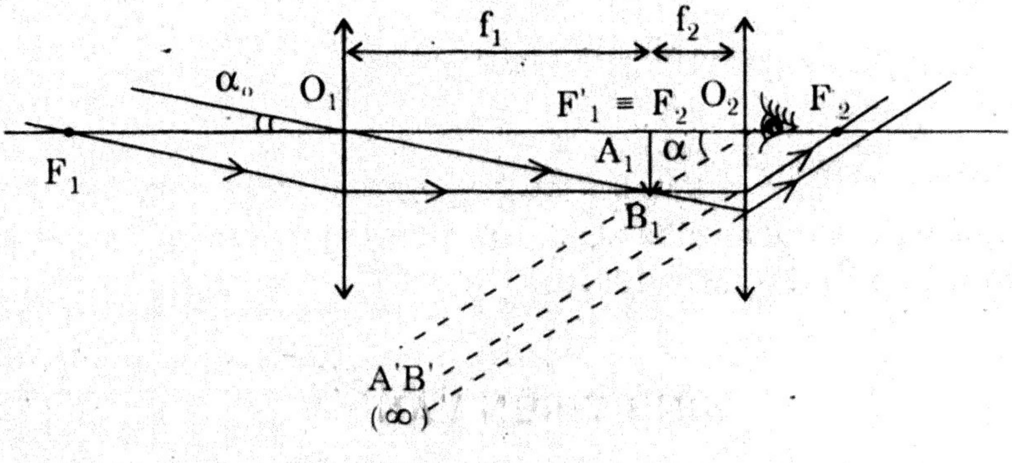
– α_0 là góc trông vật khi không dùng kính chính là góc $\widehat{A_1O_1B_1}$.

– Độ bội giác của ảnh khi ngắm chừng ở vô cực : $G_\infty = \dfrac{f_1}{f_2}$.

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Vật kính của một kính thiên văn dùng trong nhà trường có tiêu cự f_1 = 1m, thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự f_2 = 4cm. Tính khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực.

Giải



Hình 252

– Khi ngắm chừng ở vô cực thì $F_1' \equiv F_2$ nên khoảng cách giữa hai kính là

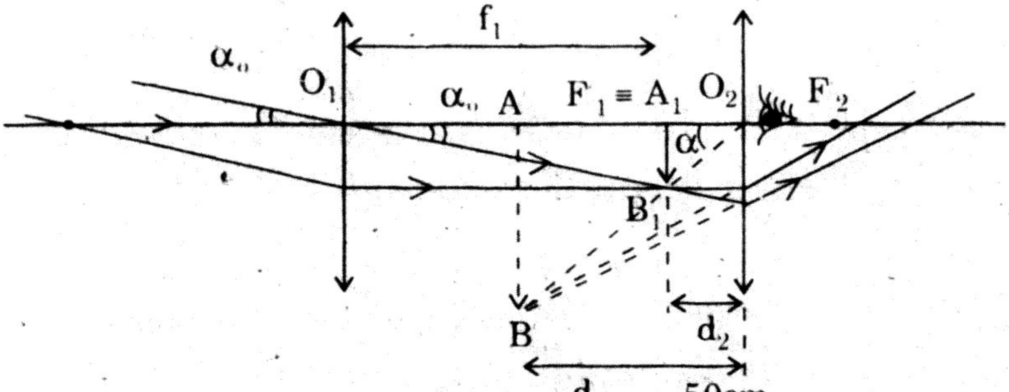
$$l = O_1O_2 = f_1 + f_2 = 100 + 4 = 104 \text{ (cm)}.$$

– Độ bội giác : $G_\infty = \dfrac{f_1}{f_2} = \dfrac{100}{4} = 25$

Bài tập 2. Vật kính của một kính thiên văn học sinh có tiêu cự f_1 = 1,20 m và thị kính có tiêu cự f_2 = 4cm. Một học sinh có điểm cực viễn cách mắt 50cm quan sát ảnh của mặt trăng qua kính thiên văn nói trên sao cho mắt không điều tiết. Tính khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của ảnh (Mắt đặt sát sau thị kính).

· *Giải*

Mắt quan sát ảnh A'B' ở trạng thái mắt không điều tiết nên A'B' ở cực viễn của mắt tức :



Hình 253

$$d_2' = -O_2A' = -50\ (\text{cm})$$

Suy ra A_1B_1 cách thị kính :

$$d_2 = O_2A_1 = \frac{d_2'f_2}{d_2' - f_2} = \frac{-50 \times 4}{-50 - 4} \approx 3,7\ (\text{cm})$$

Vậy khoảng cách giữa 2 kính là :

$$l = O_1A_1 + A_1O_2 = f_1 + d_1 = 120 + 3,7 = 123,7\ (\text{cm}).$$

– Độ bội giác của ảnh :

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_o} \approx \frac{tg\alpha}{tg\alpha_o} \qquad (1)$$

Với α là góc trông ảnh $\widehat{A'O_2B'}$ cho bởi :

$$tg\alpha = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{d_2} \qquad (2)$$

α_o là góc trông mặt trăng bằng mắt không qua kính, đó cũng là góc $\widehat{A_1O_1B_1}$ cho bởi :

$$tg\alpha_o = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{f_1} \qquad (3)$$

(1), (2) và (3) cho : $G = \dfrac{f_1}{d_2} = \dfrac{120}{3,7} \approx 32,4.$

ĐỀ THI

6.15. Vật kính của một kính thiên văn có tiêu cự f_1 và thị kính có tiêu cự f_2.

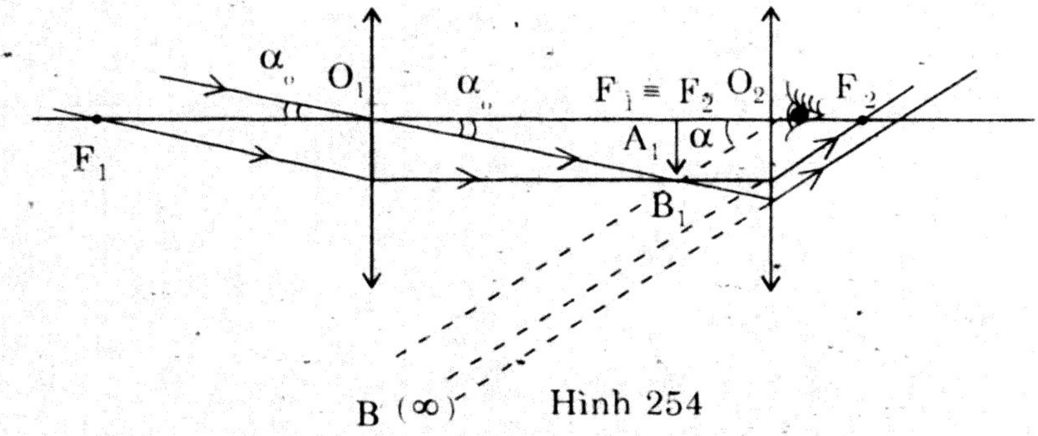
1. Vẽ đường đi của tia sáng và sự tạo ảnh qua kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực. Tìm công thức tính độ bội giác của kính khi đó. Áp dụng bằng số $f_1 = 15\text{cm}$, $f_2 = 1,25\text{cm}$.

2. Dùng kính thiên văn trên để quan sát mặt trăng, hỏi có thể quan sát được vật trên mặt trăng có kích thước nhỏ nhất là bao nhiêu ? Cho biết năng suất phân li của mắt là 2' và khoảng cách từ mặt trăng tới trái đất là 384000 Km.

(ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI – 96)

Giải

1. *Đường đi tia sáng qua kính và công thức tính độ bội giác :*



Hình 254

Độ bội giác : $G = \dfrac{\alpha}{\alpha_0} \approx \dfrac{tg\alpha}{tg\alpha_0}$ (1)

α là góc trông ảnh A'B', đó chính là góc $\widehat{A_1O_2B_1}$ nên :

$$tg\alpha = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{f_2} \qquad (\text{Vì } A_1 \equiv F_2)$$

α_0 là góc trông vật ở rất xa bằng mắt không có kính, đó cũng là góc $\widehat{A_1OB_1}$ với : $tg\alpha_0 = \dfrac{A_1B_1}{O_1A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f_1}$ (vì $A_1 \equiv F'_1$)

Vậy : $G_\infty = \dfrac{f_1}{f_2} = \dfrac{15}{1{,}25} = 12$.

2. *Kích thước nhỏ nhất của vật trên mặt trăng có thể quan sát được :*

Gọi A, B là 2 điểm trên mặt trăng mà mắt phân biệt được thì góc trông đoạn AB bằng mắt (không qua kính) là : $\alpha_0 = \dfrac{AB}{d}$ (d = 384000 Km)

Từ (1) cho : $\alpha = \alpha_0.G_\infty \geq \varepsilon \;\Rightarrow\; \dfrac{AB}{d}.G_\infty \geq \varepsilon \;\Rightarrow\; AB \geq \dfrac{\varepsilon.d}{G_\infty}$

$$AB \geq \frac{2.3.10^{-4} \times 384000}{12} = 19{,}2\ (\text{Km})$$

Vậy : Kích thước vật nhỏ nhất trên mặt trăng mà mắt còn phân biệt được là 19,2 Km.

PHẦN HAI

QUANG VẬT LÍ

Chương VII

TÍNH CHẤT SÓNG ÁNH SÁNG

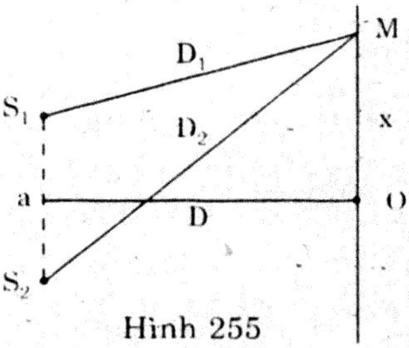
HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. Hai nguồn sáng kết hợp S_1 và S_2 phát ra hai sóng ánh sáng kết hợp khi gặp nhau sẽ giao thoa với nhau.

2. *Hiệu đường đi của ánh sáng từ hai nguồn S_1 và S_2 đến M :*

Gọi :



Hình 255

+ D là khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai nguồn sáng kết hợp S_1 và S_2 đến màn.

+ $D_1 = S_1M$ và $D_2 = S_2M$ là khoảng cách từ hai nguồn S_1 và S_2 đến M.

+ a là khoảng cách giữa 2 nguồn kết hợp : $a = S_1S_2$

+ $x = \overline{OM}$ xác định vị trí điểm M trên màn

Với d_1 , d_2 và d rất lớn so với a và x thì :

$$D_1 - D_2 = \frac{a.x}{D} \qquad (1)$$

3. *Vị trí các vân sáng và vân tối trên màn :*

+ Nếu M là vân sáng thì : $D_1 - D_2 = k\lambda$ (2)

(Xem bài Sóng cơ học – Âm học)

(1) và (2) cho ta tìm được vị trí vân sáng bậc k :

$$x = \overline{OM} = k.\frac{\lambda D}{a} \quad \text{với } k = 0; \pm 1 ; \pm 2;$$

+ Nếu tại M có vân tối thì : $D_1 - D_2 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ (3)

(1) và (3) cho ta tìm được vị trí vân tối :

$$x = (2k + 1)\frac{\lambda D}{2a}$$

4. *Khoảng cách vân :*

Khoảng cách vân i là khoảng cách giữa hai vân sáng (hoặc hai vân tối) cạnh nhau :

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

5. *Các cách tạo ra hai sóng kết hợp :*

– Người ta tạo ra hai sóng ánh sáng kết hợp bằng cách tách từ một chùm ánh sáng do một ngọn đèn phát ra thành hai phần rồi cho hai phần đó gặp nhau.

– Các thí nghiệm giao thoa thường gặp :

+ Khe Young (Iâng)

+ Lưỡng lăng kính Fresnel (Frex – nên)

+ Bán thấu kính Billet (Bi – ê)

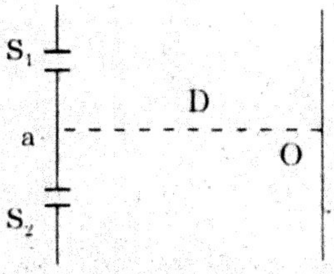
+ Gương Fresnel.

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Trong thí nghiệm Iâng về giao thoa ánh sáng, các khe S_1 và S_2 được chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc. Khoảng cách giữa hai khe a = 1 mm. Khoảng cách giữa mặt phẳng chứa hai khe và màn quan sát E là D = 3 m. Khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp là i = 1,5 mm (Hình vẽ)

a) Tìm bước sóng của ánh sáng tới.

b) Xác định vị trí vân sáng thứ ba và vân tối thứ tư.



Hình 256

Giải

a) *Bước sóng của ánh sáng tới :*

Khoảng cách vân : $i = \frac{\lambda D}{a}$

Suy ra bước sóng : $\lambda = \frac{i.a}{D}$ Với : $\begin{cases} i = 1{,}5.10^{-3}\text{m} \\ a = 1.10^{-3}\text{m} \\ D = 3\text{m} \end{cases}$

ta được : $\lambda = \frac{1{,}5.10^{-3}.1.10^{-3}}{3} = 0{,}5.10^{-6}(\text{m})$

mà : 1μm (micrômét) = 10^{-6} m nên : $\lambda = 0{,}5$ μm

Vậy bước sóng ánh sáng chiếu tới 2 khe là 0,5 μm.

b) *Vị trí vân sáng thứ ba và vân tối thứ tư :*

- Vị trí vân sáng thứ k :

$$x = k\frac{\lambda D}{a} = k.i$$

Vân sáng thứ 3(k = 3) thì :

$$x = 3.i = 3 \times 1,5 = 4,5\ (mm)$$

Vậy vân sáng thứ 3 cách O 4,5mm.

- Vị trí vân tối thứ k :

$$x = (2k + 1)\frac{\lambda D}{2a} = (2k + 1).\frac{i}{2}$$

Vân tối thứ 3 (k = 3) thì :

$$x = (2 \times 3 + 1) \times \frac{1,5}{2} = 5,25\ (mm)$$

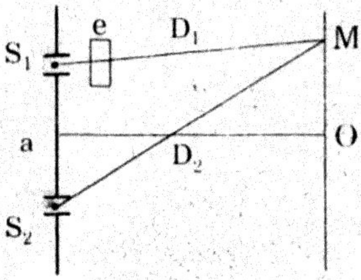
Vậy vân tối thứ 3 cách vân trung tâm O 5,25mm.

Bài tập 2. Trong thí nghiệm Iâng về giao thoa ánh sáng, các khe S_1, S_2 được chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ. Khoảng cách giữa hai khe là a. Khoảng cách giữa mặt phẳng chứa hai khe và màn quan sát (E) là D. Trên màn lúc này ta nhận được một hệ vân giao thoa. Sau đó đặt ngay sau khe S_1 một bản mỏng có hai mặt song song bề dày e, chiết suất n thì hệ vân dịch đi. Hỏi chiều dịch và độ dịch của hệ vân.

Giải

Gọi v là vận tốc ánh sáng truyền qua bản mỏng thì thời gian ánh sáng truyền qua bản mỏng :

$$\Delta t = \frac{e}{v}$$



Hình 257

Nếu không có bản mỏng, trong thời gian nói trên ánh sáng đã đi được quãng đường trong chân không (cũng coi gần đúng là quãng đường đi trong không khí) là :

$$\Delta d = c.\Delta t = \frac{c}{v}.e$$

mà $\frac{c}{v}$ chính là chiết suất n của bản mỏng nên :

$$\Delta d = n.e$$

Như vậy khi ánh sáng truyền từ S_1 đến M' trên màn (qua bản mỏng) đã đi được quãng đường :

$$D_1 = \underbrace{\text{quãng đường đi ngoài bản}}_{(S_1M' - e)} + \underbrace{\text{quãng đường đi trong bản}}_{(n.e)}$$

$$D_1 = S_1M' + (n - 1)e$$

Còn đường đi của ánh sáng từ S_2 đến M' là : $D_2 = S_2M'$.

Suy ra hiệu đường đi của ánh sáng từ S_1 và S_2 đến M' là :

$$D_2 - D_1 = (S_2M' - S_1M') - (n - 1)e$$

- Nếu tại M' có vân sáng bậc K thì :

$$(S_2M' - S_1M') - (n - 1)e = k\lambda$$

$$S_2M' - S_1M' = k\lambda + (n - 1)e$$

Theo công thức hình học thì :

$$S_2M' - S_1M' \approx \frac{a.x'}{D} \quad \text{với } x' = OM'.$$

Suy ra : $\dfrac{a.x'}{D} = k\lambda + (n - 1)e$

Vậy : vân sáng bậc k cách O :

$$x' = k\frac{\lambda D}{a} + \frac{(n - 1)eD}{a} \qquad (1)$$

- Lúc chưa có bản mỏng thì vân sáng bậc k cách O :

$$x = OM = \frac{k\lambda D}{a} \qquad (2)$$

So sánh giữa (1) và (2) ta thấy : Với cùng vân sáng bậc k nhưng khi có và không có bản mỏng chúng có vị trí khác nhau, nói khác hơn chúng đã lệch :

$$\Delta x = x' - x = \frac{(n - 1).eD}{a}$$

Ngoài ra ta còn thấy $\Delta x > 0$ tức $x' > x$ hay $OM' > OM$:

M' xa O hơn M tức hệ vân dịch đi về phía có bản mỏng.

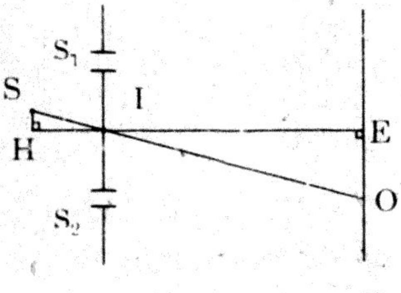
Tóm lại : khi có bản mỏng đặt sau một trong hai khe thì hệ vân dịch đi về phía có bản mỏng một khoảng :

$$\Delta x = \frac{(n - 1)eD}{a}.$$

Bài tập 3. Thực hiện thí nghiệm giao thoa với khe Young (Iâng), trong đó :

– Khoảng cách hai khe $S_1S_2 = a$

– Khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn là IE = D



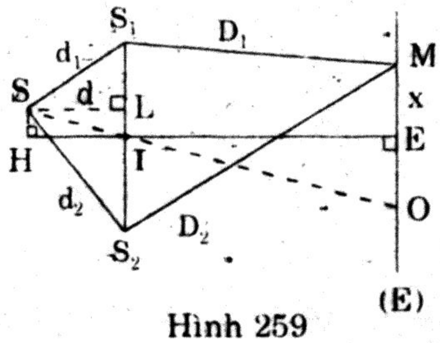
Hình 258

– Nguồn S phát bức xạ đơn sắc có bước sóng λ cách trục đối xứng HE hoảng SH = y (với a và y rất nhỏ hơn D), khoảng cách từ nguồn đến 2 khe L = d.

– O là vị trí vân sáng trung tâm (bậc k = 0)

a) Chứng tỏ S, I, O thẳng hàng.

b) Tính khoảng cách vân i.



Hình 259

Giải

Hiệu đường đi của ánh sáng từ S đến M heo 2 đường khác nhau SS_1M và SS_2M là :

$$\delta = (d_2 + D_2) - (d_1 + D_1)$$
$$= (d_2 - d_1) + (D_2 - D_1)$$

Ta đi tính $(d_2 - d_1)$ và $(D_2 - D_1)$:

$$\left.\begin{aligned} \Delta SS_1L \text{ cho} : d_1^2 &= \left(\frac{a}{2} - y\right)^2 + d^2 \\ \Delta SS_2L \text{ cho} : d_2^2 &= \left(\frac{a}{2} + y\right)^2 + d^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \quad d_2^2 - d_1^2 = 2ay$$

hay : $(d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2.a.y$

Vì a và y rất nhỏ so với d = IH nên : $d_2 + d_1 \approx 2d$

do đó : $d_2 - d_1 \approx \dfrac{a.y}{d}$

Cũng chứng minh tương tự, ta được :

$$D_2 - D_1 \approx \frac{a.x}{D} \qquad \text{với } x = OM$$

Vậy : $\delta = \dfrac{ay}{d} + \dfrac{ax}{D}$ (x và y có thể dương hoặc âm) (1)

a) *Ba điểm S, I, O thẳng hàng* :

Nếu M là vân sáng bậc k thì : $\delta = k\lambda$ (2)

So sánh (1) và (2) ta được : $\dfrac{ay}{d} + \dfrac{ax}{D} = k\lambda$

Với vân trung tâm thì k = 0 nên :

$$\frac{ay}{d} + \frac{ax}{D} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{y}{d} = -\frac{x}{D} \qquad (3)$$

Biểu thức này chứng tỏ x và y trái dấu, có nghĩa S và O nằm 2 bên ục đối xứng IE.

(3) được viết : $\dfrac{|y|}{d} = \dfrac{|x|}{D} \quad \Leftrightarrow \quad \dfrac{SH}{IH} = \dfrac{EO}{IE}$

Vậy 2 tam giác vuông IHS và IEO đồng dạng nên : $\widehat{SIH} = \widehat{OIE}$

Suy ra 3 điểm S, I, O thẳng hàng.

b) *Khoảng cách vân i :*

$$\text{Từ : } \frac{ay}{d} + \frac{ax}{D} = k\lambda \qquad \Rightarrow \qquad x = \overline{EM} = k\frac{\lambda D}{a} - y.\frac{D}{d}.$$

Khoảng cách vân i chính là khoảng cách 2 vân kế tiếp nên :

$$i = x_{k+1} - x_k = \left[(k+1)\frac{\lambda D}{a} - y\frac{D}{d}\right] - \left[k\frac{\lambda D}{a} - y\frac{D}{d}\right]$$

$$i = \frac{\lambda D}{a} \text{ : vậy khoảng cách vân không đổi.}$$

Bài tập 4. Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Iâng, nguồn S ph đồng thời hai bức xạ $\lambda_1 = 0{,}6\mu m$ và $\lambda_2 = 0{,}55\mu m$. Khoảng cách giữa hai khe a = 4,5mm, khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn là D = 2,5 Xác định hai vị trí đầu tiên (kể từ vân trung tâm O) trên màn tại đó 2 vâ sáng trùng nhau.

Giải

Vị trí 2 vân sáng ứng với 2 bức xạ λ_1 và λ_2 trên màn là :

$$x_1 = \overline{OM_1} = k_1\frac{\lambda_1 D}{a} \qquad ($$

$$x_2 = \overline{OM_2} = k_2\frac{\lambda_2 D}{a}$$

2 vân sáng trùng nhau khi :

$$x_1 = x_2 \quad \Leftrightarrow \quad k_1\frac{\lambda_1 D}{a} = k_2\frac{\lambda_2 D}{a}$$

$$\Leftrightarrow \quad k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2$$

$$\Leftrightarrow \quad k_2 = k_1.\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = k_1.\frac{0{,}6}{0{,}55} = \frac{12}{11}k_1 \qquad (2)$$

Vì k_1 và k_2 là các số nguyên nên (2) thỏa mãn khi k_1 là bội số của tức k_1 lần lượt bằng 0, 11, 22, ...

$$\text{Thay : } \begin{cases} \lambda_1 = 0{,}6.10^{-6}\,m \\ D = 2{,}5m \\ a = 4{,}5.10^{-3}\,m \end{cases} \quad \text{vào (1) ta được :}$$

$$x_1 = k_1.\frac{0{,}6.10^{-6} \times 2{,}5}{4{,}5.10^{-3}} = k_1.\frac{3}{9}.10^{-3}(m) = \frac{1}{3}k_1\,(mm)$$

Với $k_1 = 11$ ta được : $x_1 = \frac{1}{3}.11 = \frac{11}{3}$ (mm)

$k_1 = 22$ ta được : $x_1 = \frac{1}{3}.22 = \frac{22}{3}$ (mm)

Vậy 2 vị trí đầu tiên (kể từ vân trung tâm O) để có 2 vân sáng trùng nhau cách O lần lượt $\frac{11}{3}$ mm và $\frac{22}{3}$ mm.

Bài tập 5. Nguồn sáng dùng trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng có 3 bức xạ $\lambda_1 = 0{,}64\mu m$ (màu đỏ), $\lambda_2 = 0.54\mu m$ (màu lục) và $\lambda_3 = 0{,}48\mu m$ (màu lam).

Vị trí trên màu tại đó có 3 vân sáng trùng nhau đầu tiên (kể từ vân trung tâm tại O) là vân bậc mấy của màu đỏ.

Giải

Gọi M là vị trí tại đó 3 vân sáng trùng nhau với bậc của 3 vân sáng ấy lần lượt là k_1, k_2, k_3 thì :

$$x = OM = k_1\frac{\lambda_1 D}{a} = k_2\frac{\lambda_2 D}{a} = k_3\frac{\lambda_3 D}{a}$$

$$\Rightarrow \quad k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2 = k_3\lambda_3$$

$$0{,}64k_1 = 0{,}54k_2 = 0.48k_3 \qquad (1)$$

Từ (1) ta rút ra :

$$0{,}64k_1 = 0{,}54k_2 \quad \Rightarrow \quad k_2 = \frac{0,64}{0,54}k_1 = \frac{32}{27}k_1$$

k_1 và k_2 đều nguyên nên k_1 là bội số của 27 tức k_1 có thể là 0,27, 54, ...

Cũng từ (1) rút ra : $k_3 = \frac{0,64}{0,48}k_1 = \frac{4}{3}k_1$

Với $k_1 = 27$ thì $\quad k_3 = \frac{4}{3} \times 27 = 36$

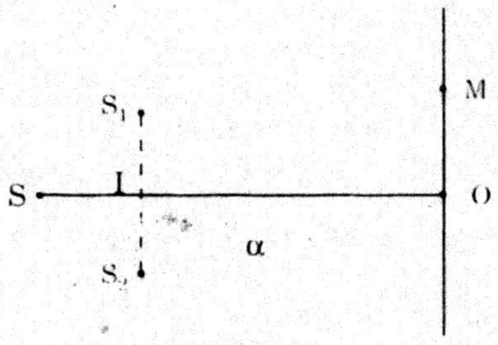
Vậy $k_1 = 27$ biểu thức (1) đã thỏa mãn. Nói khác hơn, vị trí trên màn đầu tiên tại đó có 3 vân sáng trùng nhau đó là vân sáng bậc 27 của màu đỏ.

Bài tập 6. Nguồn sáng S trong thí nghiệm về giao thoa ánh sáng như hình vẽ có các bước sóng giới hạn từ 0,65 μm đến 0,41μm. M là một điểm trên màn với OM = 3mm. Tìm các bước sóng của các bức xạ :

a) Cho vân sáng tại M.

b) Cho vân tối tại M.

Biết $a = S_1S_2 = 4mm$; $D = IO = 3m$.



Hình 260

Giải

a) *Các bước sóng của các bức xạ cho vân sáng tại M* :

Gọi λ là bước sóng của các bức xạ cho vân sáng tại M thì :

$$x = OM = k\frac{\lambda D}{a}$$

$$\Rightarrow \quad \lambda = \frac{a.x}{k.D} = \frac{4.10^{-3} \times 3.10^{-3}}{k.3} = \frac{4}{k}.10^{-6}(m) = \frac{4}{k}(\mu m) \qquad (1)$$

Với : $0{,}41\ \mu m \le \lambda \le 0{,}65\ \mu m$.

$$0{,}41 \le \frac{4}{k} \le 0{,}65$$

$$\frac{4}{0{,}65} \le k \le \frac{4}{0{,}41}$$

$$6{,}15 \le K \le 9{,}76$$

$k = 7, 8, 9$ và thay vào (1) ta tìm được các bước sóng cho vân sáng tại M :

$$\lambda_1 = \frac{4}{7} \approx 0{,}57\ (\mu m).$$

$$\lambda_2 = \frac{4}{8} = 0{,}50\ (\mu m).$$

$$\lambda_3 = \frac{4}{9} \approx 0{,}44\ (\mu m).$$

b) *Các bước sóng của các bức xạ cho vân tối tại M* :

Gọi λ' là bước sóng của các bức xạ cho vân tối tại M thì :

$$x = OM = (2k' + 1)\frac{\lambda' D}{2a}$$

$$\Rightarrow \quad \lambda' = \frac{2a.x}{(2k' + 1)D} = \frac{2.4.10^{-3} \times 3.10^{-3}}{(2k' + 1).3}$$

$$= \frac{8.10^{-6}}{(2k' + 1)}(m) = \frac{8}{2k' + 1}(\mu m) \qquad (2$$

Với : $0{,}41 \le \lambda' \le 0{,}65\ (\mu m)$

$$0{,}41 \le \frac{8}{2k' + 1} \le 0{,}65$$

$$\frac{8}{0{,}65} \le 2k' + 1 \le \frac{8}{0{,}41}$$

$$5{,}65 \le k' \le 9{,}25$$

- Vậy : k = 6, 7, 8, 9 và thay vào (2) ta tìm được các bước sóng cho vân tối tại M, đó là :

$$\lambda'_1 = \frac{8}{13} \approx 0,62(\mu m)$$

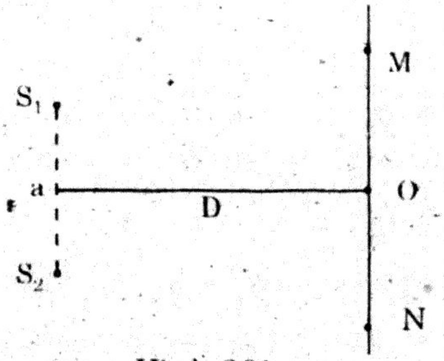
$$\lambda'_2 = \frac{8}{15} \approx 0,53(\mu m)$$

$$\lambda'_3 = \frac{8}{17} \approx 0,47(\mu m)$$

$$\lambda'_4 = \frac{8}{19} \approx 0,42(\mu m).$$

Bài tập 7.

Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng bằng khe Iâng, nguồn phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,5\mu m$. Khoảng cách hai khe là $a = 0,5mm$, khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn là $D = 2m$. Hỏi vùng giao thoa $MN = 13mm$ trên màn có bao nhiêu vân sáng và bao nhiêu vân tối (biết $OM = ON$) ?



Hình 261

Giải

- Vị trí vân sáng bậc k :

$$x = k\frac{\lambda D}{a} = k.\frac{0,5.10^{-6}.2}{0,5.10^{-3}}$$

$$= k.2.10^{-3}(m) = 2k\ (mm)$$

Ở đây $k = 0; \pm 1; \pm 2; \ldots$

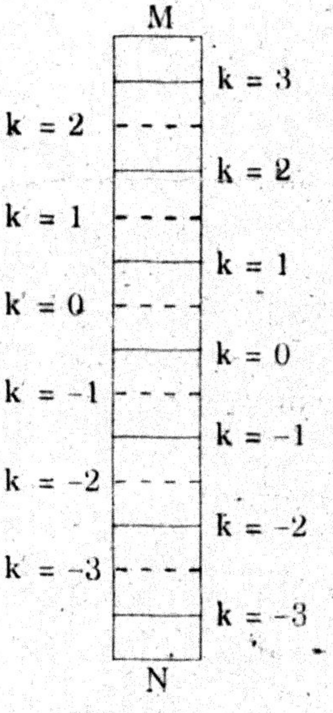
Với : $-6,5 \le x \le 6,5$ (mm)

$-6,5 \le 2k \le 6,5$

$-3,25 \le k \le 3,25$

tức $k = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$ (7 giá trị)

Vậy trên màn từ M đến N có 7 vân sáng.



Hình 262

- Vị trí vân tối bậc k' :

$$x' = (2k' + 1)\frac{\lambda D}{2a} \quad \text{với} \quad \frac{\lambda D}{2a} = 1\ (mm)$$

$$x' = 2k' + 1\ (mm)$$

Với $-6,5 \le x' = 2k' + 1 \le 6,5$

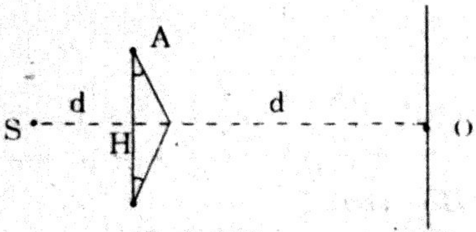
$-7,5 \le 2k' \le 5,5$

$-3,75 \le k' \le 2,75$ tức $k' = -3, -2, -1, 0, 1, 2$ (6 giá trị)

Vậy trên màn từ M đến N có 6 vân tối.

Bài tập 8. Hai lăng kính cùng có góc ở đỉnh là A = 20', làm bằng thủy tinh chiết suất n = 1,5; có đáy gắn chung với nhau làm thành một lưỡng lăng kính như hình vẽ. Một nguồn sáng điểm S phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0{,}5\mu m$ đặt trên mặt phẳng của đáy chung và cách hai lăng kính một khoảng d = 50cm.

1. Tính khoảng cách giữa hai ảnh S_1, S_2 của S tạo bởi hai lăng kính. Xem rằng góc A là rất nhỏ và các ảnh S_1, S_2 được dịch đi so với S theo phương vuông góc đường SH. Cho $1' \approx 3.10^{-4}$ Rad.



Hình 263

2. Chứng minh rằng trên màn ảnh (E) đặt vuông góc với SH và cách H một khoảng d' = 2m ta có thể quan sát được hệ vân giao thoa. Tính khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp và số vân quan sát được trên màn.

Giải

1. *Khoảng cách giữa hai ảnh $S_1 - S_2$ của S* :

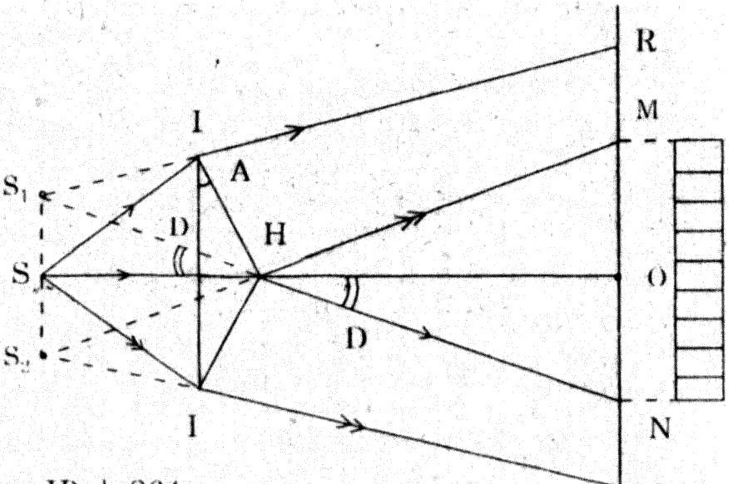
- Đầu tiên ta cần nắm cách vẽ ảnh S_1 và S_2 :

– Chùm sáng phát ra từ S chiếu tới lăng kính trên (đỉnh I) được giới hạn bởi hai tia SI và SH. Các tia sáng ló đều bị lệch về phía đáy lăng kính này (tức về phía dưới của hình vẽ)

+ Tia tới SI có tia ló IR.

+ Tia tới SH có tia ló HN.

Chùm tia ló này kéo dài cắt nhau tại S_1 : đó chính là ảnh (ảo) của S qua lăng kính trên.



Hình 264

– Tương tự chùm sáng phát ra từ S chiếu tới lăng kính dưới (đỉnh I') được giới hạn bởi hai tia SI' và SH. Các tia ló đều bị lệch về phía đáy lăng kính này (tức lệch về phía trên của hình vẽ)

+ Tia tới SI' có tia ló I'R'.

+ Tia tới SH có tia ló HM.

(Chú ý : Thật sự SH là một chùm sáng hẹp có 1 phần gặp thấu kính trên và một phần gặp thấu kính dưới)

Chùm tia sáng ló khỏi thấu kính nầy kéo dài cắt nhau tại S_2 : đó chính là ảnh (ảo) S_2 của S.

- Tiếp theo ta đi tính S_1S_2.

$\widehat{OHN}$ chính là độ lệch D của tia sáng SH qua lăng kính trên, vì góc ới của tia tới SH bằng O và góc chiết quang A rất nhỏ nên độ lệch D được ính bởi :

$$D = (n - 1)A \qquad \text{(Xem phần lăng kính)}$$

ΔSS_1H cho : $SS_1 = SH.\text{tg}D \approx d.D$ (vì góc D bé)

$$= d.(n - 1)A$$

Vì S_1 và S_2 đối xứng qua S nên :

$$S_1S_2 = 2SS_1 = 2(n - 1).A.d$$

Với : $\begin{cases} d = 50\text{cm} = 0{,}5(\text{m}) \\ n = 1{,}5 \\ \hat{A} = 20' = 20' \times 3.10^{-4} = 6.10^{-3}(\text{Rad}) \end{cases}$

nên : $S_1S_2 = 2(1{,}5 - 1).6.10^{-3} \times 0{,}5 = 3.10^{-3}(\text{m}) = 3(\text{mm})$

Vậy khoảng cách 2 ảnh S_1, S_2 là 3 mm.

2. *Chứng minh rằng trên màn (E) quan sát được hệ vân giao thoa – Khoảng cách vân và số vân :*

- **Chứng minh rằng trên màn có hệ vân giao thoa :**

Hai chùm sáng ló ra khỏi 2 lăng kính tựa như phát ra từ 2 ảnh S_1 và S_2 của S. Mà S_1 và S_2 giống hệt nhau nên chúng coi như 2 nguồn sáng kết ợp, do đó hai chùm sáng ló cũng là 2 chùm sáng kết hợp. Vì vậy trong vùng hung MHN của 2 chùm sáng ló có hiện tượng giao thoa.

Riêng trên màn từ M đến N ta nhận được các vân giao thoa, đó là các ân sáng và tối xen kẽ nhau.

- *Khoảng cách vân :*

Hiện tượng giao thoa xảy ra tựa như phát ra từ 2 nguồn kết hợp S_1 và S_2 với : $a = S_1S_2 = 3.10^{-3}(\text{m})$

Hai nguồn cách màn :

$$D = SO = SH + HO = 0{,}5 + 2 = 2{,}5\ (\text{m})$$

Bước sóng của ánh sáng đơn sắc :

$$\lambda = 0{,}5.10^{-6}(\text{m})$$

Vậy khoảng cách vân i trên màn :

$$i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0{,}5.10^{-6} \times 2{,}5}{3.10^{-3}} \approx 0{,}417.10^{-3}(\text{m})$$

$$i = 0{,}417\ (\text{mm}).$$

- *Số vân quan sát được trên màn* :

Vị trí vân sáng trên màn :

$$x = k\frac{\lambda D}{a} = ki = 0,417\,K(mm)$$

Với : $-ON \le x \le OM$ (1

$\Delta HOM \backsim \Delta HSS_2$ cho : $\frac{OM}{SS_2} = \frac{HO}{HS} = \frac{2}{0,5} = 4$

$$\Rightarrow \quad OM = 4.SS_2 = 4 \times 1,5 = 6\ (mm)$$

(1) cho : $-6 \le 0,417\ K \le 6\ (mm)$

$$-\frac{6}{0,417} \le k \le \frac{6}{0,417}$$

$$-14,39 \le k \le 14,39$$

Vậy : $k = -14, ..., 0, ..., 14$ (29 giá trị)

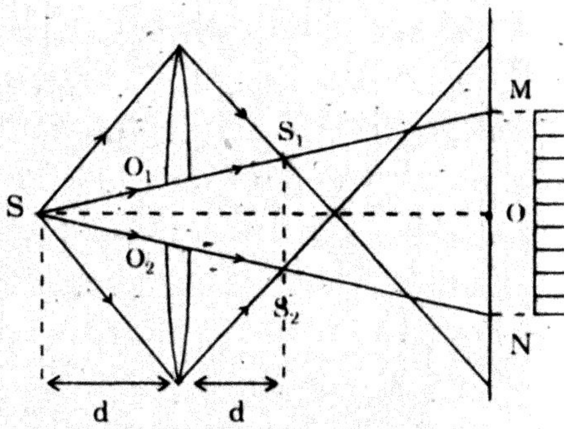
Số vân quan sát được trên màn là 29.

Bài tập 9. Một thấu kính hội tụ mỏng có tiêu cự f = 50cm được cắt làm ha phần bằng nhau theo mặt phẳng qua trục chính. Một nguồn sáng điểm S phát ánh sáng đơn sắc đặt trên trục chính và cách thấu kính một khoảng d = 1m (Hình vẽ 265)

Ta tách hai nửa thấu kính này ra 2mm một cách đối xứng qua trục chính.

a) Tính khoảng cách 2 ảnh S_1, S_2 của S qua hai nửa thấu kính.

b) Đặt một màn quan sát (E) cách hai ảnh S_1, S_2 khoảng D = 3m. Trên màn ta nhận được một hệ vân giao thoa. Biết rằng khoảng cách từ vân sáng trung tâm (vân sáng bậc 0) đến vân sáng thứ 10 là 4,10 mm. Tìm bước sóng λ của ánh sáng.



Hình 265

Giải

1. *Khoảng cách hai ảnh $S_1 - S_2$:*

– Chùm sáng phát ra từ S qua nửa thấu kính trên cho chùm sáng ló hộ tụ tại S_1 : đó là ảnh (thật) của S.

Tương tự S_2 là ảnh (thật) của S qua nửa thấu kính dưới.

– Khoảng cách từ ảnh S_1 (hoặc S_2) đến thấu kính là :

$$d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{1 \times 0,5}{1-0,5} = 1(m)$$

– Do 2 tam giác SS_1S_2 và SO_1O_2 đồng dạng nên ta có :

$$\frac{S_1S_2}{O_1O_2} = \frac{d + d}{d} = \frac{1 + 1}{1} = 2 \quad \Rightarrow \quad S_1S_2 = 2.O_1O_2 = 2 \cdot 2 = 4\ (\text{mm}).$$

2. *Bước sóng ánh sáng* :

Hai chùm sáng chiếu đến màn tựa như phát ra từ 2 ảnh S_1 và S_2 của S, mà 2 ảnh này giống hệt nhau nên nó là 2 nguồn kết hợp. Do đó 2 chùm sáng chiếu đến màn là 2 chùm sáng kết hợp, vì vậy trên màn, trong vùng chung của hai chùm tới màn có hiện tượng giao thoa và trên màn ta nhận được một hệ vân giao thoa.

– Từ vân số không đến vân số 10 có 10 khoảng cách vân nên :

$$i = \frac{4{,}10}{10} = 0{,}41\ (\text{mm}) = 0{,}41.10^{-3}\ (\text{m})$$

mà : $i = \dfrac{\lambda D}{a} \Rightarrow \lambda = \dfrac{i.a}{D} = \dfrac{0{,}41.10^{-3} \times 4.10^{-3}}{3} \approx 0{,}547.10^{-6}\ (\text{m})$

$$\lambda = 0{,}547\ (\mu\text{m}).$$

Bài tập 10. Cho 2 gương phẳng G_1 và G_2 cắt nhau theo giao tuyến OO′ và 2 mặt phản xạ hợp nhau một góc $\pi - \alpha$ (với $\alpha = 15'$). Một khe hẹp S được rọi **bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0{,}6\mu m$ đặt song song với giao tuyến OO′ và cách giao tuyến khoảng $d_1 = 0{,}5m$. Lấy $1' \approx 3.10^{-4}$ Rad.**

1. Tìm khoảng cách 2 ảnh S_1 , S_2 của S qua 2 gương.

2. Đặt một màn quan sát (E) phía trước 2 gương, song song với giao tuyến 2 gương và với S_1S_2. Màn cách giao tuyến khoảng $d_2 = 2m$. Tìm khoảng cách vân i trên màn.

Giải

1. *Khoảng cách 2 ảnh $S_1 - S_2$* :

– S_1 đối xứng với S qua gương G_1 nên :

$$OS = OS_1 \qquad (1)$$

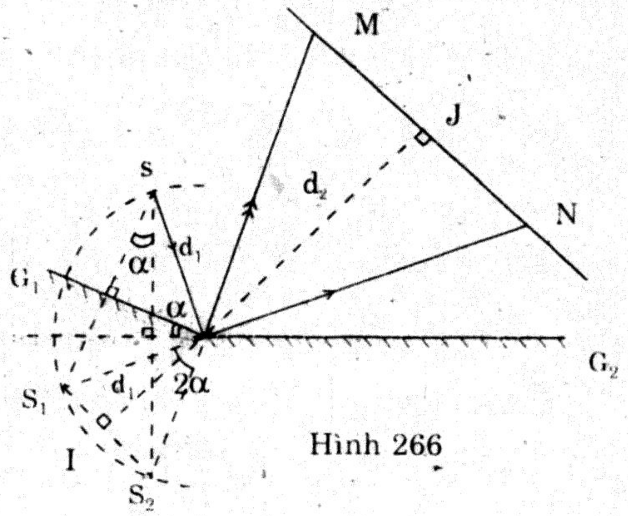
S_2 đối xứng với S qua gương G_2 nên :

$$OS = OS_2 \qquad (2)$$

(1) và (2) cho :

$$OS_1 = OS_2 = OS = d_1$$

Vậy 3 điểm S, S_1 , S_2 cùng nằm trên đường tròn tâm O bán kính $R = d_1 = 0{,}5$ (m)



Hình 266

– Ta có : $\widehat{S_1SS_2} = \alpha$ (vì góc có cạnh vuông góc)

và $\widehat{S_1OS_2} = 2\widehat{S_1SS_2}$

nên : $\widehat{S_1OS_2} = 2\alpha = 30' = 9.10^{-3}$ (Rad)

Chiều dài cung S_1S_2 là :

$$\widehat{S_1S_2} = R(2\alpha) = 0,5 \times 9.10^{-3} = 4,5.10^{-3}\text{(m)}$$

Vì góc ở tâm quá bé nên chiều dài dây cung S_1S_2 gần bằng chiều dài cung S_1S_2.

Vậy : $S_1S_2 = 4,5$ (mm).

2. *Khoảng cách vân trên màn :*

– Chùm sáng phát ra từ S chiếu đến hai gương phẳng cho 2 chùm phản xạ tựa như phát ra từ 2 ảnh S_1 và S_2 của S_2. Hai ảnh nầy coi như hai nguồn kết hợp nêu 2 chùm sáng phản xạ là 2 chùm sáng kết hợp, do đó trong vùng chung MON có hiện tượng giao thoa. Kết quả trên màn từ M đến N nằm trong vùng giao thoa ta nhận được hệ thống vân giao thoa.

– Khoảng cách vân : $i = \dfrac{\lambda.D}{a}$

$$\text{Với : }\begin{cases}\lambda = 0,6 \times 10^{-6}\text{(m)}\\ D = IJ = d_1 + d_2 = 0,5 + 2 = 2,5\text{(m)}\\ a = S_1S_2 = 4,5.10^{-3}\text{(m)}\end{cases}$$

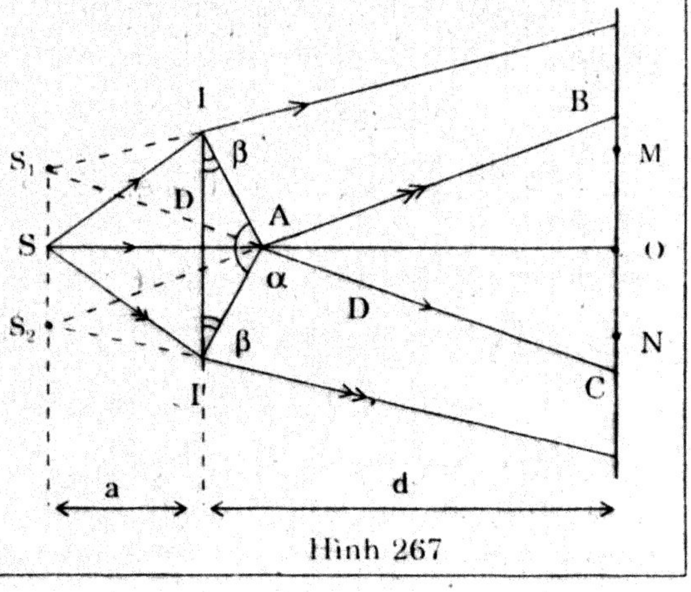
nên : $i = \dfrac{0,6.10^{-6} \times 2,5}{4,5.10^{-3}} = \dfrac{1}{3}.10^{-3} \approx 0,33.10^{-3}$ (m)

Vậy : khoảng cách vân trên màn là i = 0,33 (mm).

ĐỀ THI

7.1. Để xác định độ lớn của góc rất tù (gần 180°) của một lăng kính người ta bố trí sơ đồ giao thoa như hình bên. Bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,633\mu m$ được rọi lên khe hẹp S tạo ra chùm sáng phân kì sau khe, chùm này rọi lên đáy lăng kính.

Trong khoảng MN = 3,8mm trên màn cách lăng kính 1,2m quan sát được 8 vân tối, đồng thời chính tại M, N là 2 vân sáng.



Hình 267

a) Giải thích hiện tượng.

b) Tính góc α của lăng kính, biết khe S cách lăng kính một khoảng a = 30cm, chiết suất thủy tinh ứng với λ là $n_1 = 1,5$.

c) Giữ nguyên cách bố trí thí nghiệm, rọi lên khe S chùm sáng đơn sắc có $\lambda_2 = 0,515$ μm thì thu được hệ vân có độ rộng $i_2 = 0,35$ mm. Xác định chiết suất n_2 của thủy tinh làm lăng kính đối với bức xạ này.

(HỌC VIỆN QUÂN Y – 96)

Giải

a) *Giải thích hiện tượng :*

Lăng kính được coi như gồm hai lăng kính giống hệt nhau và ghép chung đáy.

Chùm sáng phát ra từ S chiếu lên nửa lăng kính trên và sau khi ló ra ta được chùm sáng bị lệch về phía dưới. Chùm ló này kéo dài tạo ảnh S_1.

Tương tự, chùm sáng chiếu lên nửa thấu kính dưới tạo ảnh S_2. Hai chùm ló này là 2 chùm sáng kết hợp tựa như phát ra từ S_1 và S_2 có vùng chung BAC. Kết quả trong vùng chung này có hiện tượng giao thoa xảy ra. Riêng trên màn và nằm trong miền giao thoa từ B đến C có các vân giao thoa; đó là các vân sáng và tối nằm xen kẽ cách đều nhau.

b) *Góc α của lăng kính :*

Độ lệch của tia SA khi qua nửa lăng kính trên là góc $\widehat{OAC}$ (cũng là góc $\widehat{S_1AS}$) cho bởi :

$$\delta = \widehat{S_1AS} = (n_1 - 1)\beta \qquad (1)$$

Tam giác vuông S_1AS cho : $\operatorname{tg}\delta \approx \delta = \dfrac{SS_1}{AS} = \dfrac{SS_1}{a}$ (2)

(1) và (2) cho : $\dfrac{SS_1}{a} = (n_1 - 1)\beta \quad \Rightarrow \quad SS_1 = (n_1 - 1).a.\beta$

Vì S_1 và S_2 đối xứng qua S nên :

$$S_1S_2 = 2SS_1 = 2(n_1 - 1).a.\beta$$

Khoảng cách vân i trên màn :

$$i = \frac{\lambda.D}{S_1S_2} \quad \text{với} \quad D = SO = a + d$$

nên :
$$i = \frac{\lambda(a + d)}{2(n_1 - 1).a.\beta} \qquad (3)$$

$$\Rightarrow \quad \beta = \frac{\lambda(a + d)}{2(n_1 - 1).a.i} \qquad (4)$$

Theo đề, giữa M, N ta có 8 khoảng cách vân i nên :

$$i = \frac{MN}{8} = \frac{3,8}{8} = 0,475(mm) = 0,475.10^{-3}(m)$$

Thay tất cả số liệu đã có vào (4) ta được :

$$\beta = \frac{0,633.10^{-6}(0,3 + 1,2)}{2(1,5 - 1) \times 0,3 \times 0,475.10^{-3}} \approx 6,66.10^{-3}(Rad)$$

Lấy : $1' = 3.10^{-4}$Rad thì : $\beta = \frac{6,66.10^{-3}}{3.10^{-4}} \approx 22'$

Vậy : $\alpha = \pi - 2\beta = 180^0 - 2(22') = 179^0 16'$.

c) *Chiết suất n_2 của lăng kính đối với ánh sáng có λ_2 :*

Thay λ bởi λ_2 ; i bởi i_2 và n_1 bởi n_2 vào (3) :

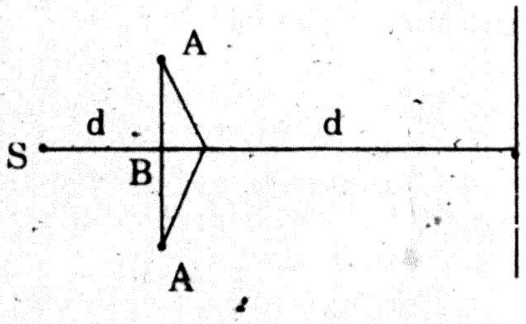
$$i_2 = \frac{\lambda_2(a + d)}{2(n_2 - 1).a.\beta}$$

Lập tỉ số : $\frac{i}{i_2} = \frac{\lambda}{\lambda_2} \times \frac{n_2 - 1}{n_1 - 1} \Rightarrow n_2 - 1 = (n_1 - 1).\frac{i}{i_2} \times \frac{\lambda_2}{\lambda}$

$$\Rightarrow n_2 = (n_1 - 1).\frac{i}{i_2}.\frac{\lambda_2}{\lambda} + 1 = (1,5 - 1).\frac{0,475}{0,35}.\frac{0,515}{0,633} + 1$$

$$n_2 \approx 1,552.$$

7.2. Hai lăng kính A, A' có góc chiết quang A, A' đều bằng 20', có đáy B chung được làm bằng thủy tinh chiết suất n = 1,5. Một nguồn sáng điểm S đặt trong mặt phẳng của đáy B, cách hai lăng kính một khoảng d = 50cm phát ánh sáng đơn sắc, bước sóng λ = 600 nm. Một màn M đặt cách hai lăng kính một khoảng d' = 70cm.



Hình 268

Chứng minh rằng trên màn M ta quan sát được một hệ vân giao thoa, tính khoảng cách vân giữa hai vân sáng liên tiếp và số vân có thể quan sát được.

(ĐH DƯỢC HÀ NỘI – 97)

Giải vắn tắt

- *CMR trên màn quan sát được hệ vân giao thoa :*

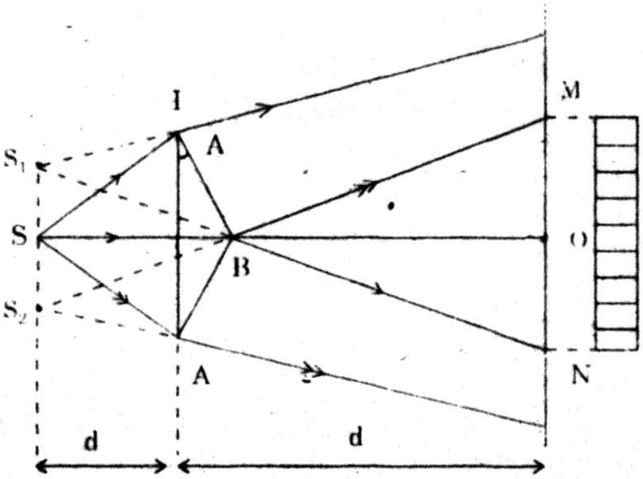
Các ý chính :

- 2 chùm ló tựa như phát ra từ S_1 và S_2.
- S_1 và S_2 giống hệt nhau nên là 2 nguồn kết hợp.

- Do đó 2 chùm ló cũng là 2 chùm sáng kết hợp.

- Trong vùng chung của 2 chùm sáng kết hợp MBN có giao thoa.

- Kết quả trên màn nằm trong vùng giao thoa (từ M → N) có hệ vân giao thoa.



Hình 269

- *Khoảng cách vân i :*
  - Tính được : $a = S_1S_2 = 2(n-1)A.d$
  - Khoảng cách từ mặt phẳng chứa 2 nguồn S_1, S_2 đến màn

$$D = SO = d + d'$$

Khoảng cách vân : $i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{\lambda(d+d')}{2(n-1)A.d}$

Với $\begin{cases} \lambda = 600(nm) = 600.10^{-9}(m) = 6.10^{-7}(m) \\ d = 50(cm) = 0{,}5(m) \\ d' = 70(cm) = 0{,}7(m) \\ n = 1{,}5 \\ A = 20' = 20 \times 3.10^{-4} = 6.10^{-3}(Rad) \end{cases}$

nên : $i = \frac{6.10^{-7}(0{,}5+0{,}7)}{2(1{,}5-1).6.10^{-3}.0{,}5} = 0{,}24.10^{-3}(m) = 0{,}24\ (mm)$

Vậy khoảng cách vân là 0,24 (mm).

- Số vân quan sát được trên màn :
  - Bề rộng vùng giao thoa trên màn là MN cho bởi :

$$\frac{MN}{S_1S_2} = \frac{d'}{d} \Rightarrow MN = \frac{d'}{d}.S_1S_2 = \frac{d'}{d}.2(n-1)A.d = d'.2(n-1)A$$

$$= 0{,}7 \times 2(1{,}5-1) \times 6.10^{-3}$$

$$= 4{,}2.10^{-3}(m) = 4{,}2\ (mm)$$

$$\Rightarrow \quad OM = ON = \frac{MN}{2} = 2{,}1 \text{ (mm)}$$

– Vị trí vân trên màn : $x = k\dfrac{\lambda D}{a} = k.i = 0{,}24$ (mm)

Với $-2{,}1 \le x \le +2;1$

hay : $-2{,}1 \le 0{,}24k \le 2{,}1$

$$-\frac{2,1}{0,24} \le k \le \frac{2,1}{0,24}$$

$$-8{,}75 \le k \le 8{,}75$$

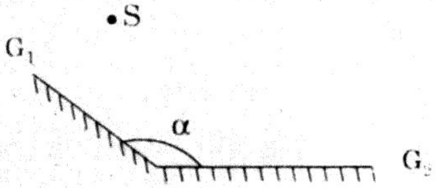
$k = -8, ..., 0, ..., 8$ (17 giá trị)

Vậy trên màn có 17 vân sáng.

7.3. Cho hệ hai gương phẳng G_1, G_2 (như hình vẽ 270) hợp với nhau một góc α gần bằng 180° và nguồn sáng điểm S phát ánh sáng đơn sắc về phía hai gương.

a) Vẽ và giải thích cách vẽ hai chùm sáng phản xạ bởi hai gương G_1 và G_2.

b) Tại phần giao nhau của hai chùm sáng phản xạ phải đặt một màn ảnh như thế nào để quan sát được các vân giao thoa sáng, tối xen kẽ cách đều nhau.



Hình 270

c) Gọi S_1, S_2 là ảnh của S tạo bởi hai gương, màn ảnh cách đường thẳng qua S_1, S_2 một khoảng D = 2 m. Bước sóng ánh sáng của nguồn là $\lambda = 0{,}4$ μm, khoảng vân giao thoa trên màn là i = 0,4 mm. Hãy tìm khoảng cách S_1S_2.

d) Hình ảnh hệ vân giao thoa sẽ như thế nào nếu S là nguồn điểm phát ánh sáng trắng.

(ĐH HÀNG HẢI – 97)

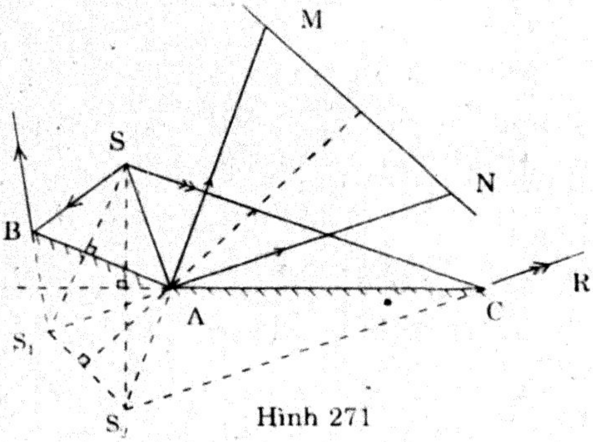
Giải

a) *Cách vẽ hai chùm sáng phản xạ trên hai gương* :

– Lấy S_1 đối xứng với S qua gương G_1 : đó là ảnh ảo của S qua G_1.

Lấy S_2 đối xứng với S qua gương G_2 : đó là ảnh ảo của S qua G_2

– Nối SA và SB : đó là 2 tia giới hạn trong chùm tia tới gương G_1.



Hình 271

Nối S_1A và S_1B để có 2 tia phản xạ AN và BR. Đó là 2 tia giới hạn của chùm tia phản xạ trên gương G_1.

– Tương tự, nối SA và SC, ta được chùm tia tới gương G_2 nằm giữa 2 tia này. Nối S_2A và S_2C để được 2 tia phản xạ AM và CR. Chùm tia phản xạ trên gương G_2 được giới hạn bởi 2 tia phản xạ AM và CR.

b) *Cách đặt màn ảnh :*

– Để làm xuất hiện các vân giao thoa trên màn thì màn phải đặt sao cho nó hứng được 2 chùm sáng phản xạ trên 2 gương.

– Để các vân sáng, tối xen kẽ cách đều nhau thì màn phải đặt song song với 2 ảnh $S_1 - S_2$ của S.

c) *Khoảng cách $S_1 - S_2$:*

S_1, S_2 chính là 2 nguồn kết hợp gây nên hiện tượng giao thoa trên màn nên : $S_1S_2 = a$.

Khoảng cách vân :

$$i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow a = \frac{\lambda D}{i} = \frac{0,4.10^{-6} \times 2}{0,4.10^{-3}} = 2.10^{-3}(m)$$

Vậy khoảng cách 2 ảnh là 2mm.

d) *Hình ảnh hệ vân giao thoa nếu S phát ánh sáng trắng :*

Nếu dùng nguồn S phát ánh sáng trắng thì trên màn xuất hiện nhiều hệ thống vân giao thoa của các ánh sáng đơn sắc khác nhau mà :

– Ở chính giữa, vân sáng của các ánh sáng đơn sắc khác nhau nằm trùng với nhau cho một vân trắng gọi là vân trắng chính giữa.

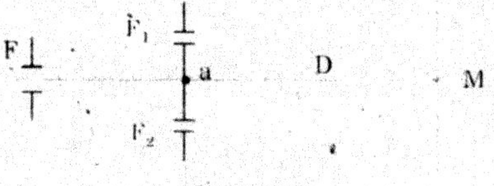
– Ở 2 bên vân trắng chính giữa, các vân sáng của các sóng ánh sáng đơn sắc khác nhau không trùng với nhau nữa mà chúng nằm kề với nhau và cho những quang phổ có màu như cầu vồng.

7.4. Trong một thí nghiệm Iâng (Hình vẽ.272); a = 2mm, D = 1m.

a) Dùng bức xạ đơn sắc có bước sóng λ1 chiếu vào khe hẹp F, người ta đo được khoảng vân giao thoa trên màn M là $i_1 = 0,2$mm.

Tính bước sóng và tần số của bức xạ đó.

b) Xác định vị trí vân sáng bậc 3 và vân tối thứ tư ở cùng một phía của vân trung tâm trên màn M.



Hình 272

c) Tắt bức xạ có bước sóng λ_1, chiếu vào F bức xạ $\lambda_2 > \lambda_1$ thì tại vị trí vân sáng bậc 3 của bức xạ bước sóng λ_1 (câu b), ta quan sát được một vân sáng của bức xạ có bước sóng λ_2. Xác định λ_2 và bậc của vân sáng đó.

Giải

a) *Bước sóng λ_1 và tần số f_1 :*

+ Có : $$i_1 = \frac{\lambda_1 D}{a}$$

$$\Rightarrow \quad \lambda_1 = \frac{i_1 . a}{D} = \frac{0{,}2.10^{-3} \times 2.10^{-3}}{1} = 0{,}4.10^{-6}(m) = 0{,}4\ (\mu m)$$

+ Tần số : $$f_1 = \frac{C}{\lambda_1} = \frac{3.10^8}{0{,}4.10^{-6}} = 7{,}5.10^{14}(Hz).$$

b) *Vị trí vân sáng bậc 3 và vân tối thứ tư:*

+ Vị trí vân sáng bậc 3 :

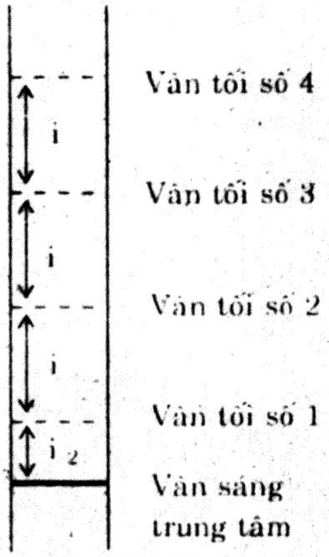
$$x_3 = k\frac{\lambda_1 D}{a} = K.i_1 \qquad \text{với } k = \pm 3$$

$$= \pm 3.0{,}2 = \pm 0{,}6\ (mm)$$

Vậy vân sáng bậc 3 cách vân trung tâm 0,6mm.

+ Vân tối thứ 4 cách vân sáng trung tâm 3,5i (xem hình bên 273) tức :

$$3{,}5 \times 0{,}2 = 0{,}7\ (mm)$$



Hình 273

c) *Bước sóng λ_2 và bậc của vân sáng :*

Vì $\lambda_2 > \lambda_1$ nên $i_2 > i_1$, do đó tại vị trí vân sáng bậc 3 của bức xạ λ_1 chỉ có thể có vân sáng bậc 1 hoặc bậc 2 của bức xạ λ_2 trùng lên.

+ Nếu vân sáng bậc 3 của λ_1 trùng lên vân sáng bậc 1 của λ_2 thì :

$$1.i_2 = 3.i_1$$

$$\frac{\lambda_2 . D}{a} = 3\frac{\lambda_1 D}{a} \quad \Rightarrow \quad \lambda_2 = 3\lambda_1 = 3 \times 0{,}4 = 1{,}2(\mu m) > 0{,}75(\mu m) :$$

đây là bức xạ nằm ngoài vùng ánh sáng thấy được (vùng hồng ngoại); vì vậy ta sẽ không quan sát được sự trùng nhau này.

+ Nếu vân sáng bậc 3 của λ_1 trùng với vân sáng bậc 2 của λ_2 thì :

$$2i_2 = 3i_1 \quad \Rightarrow \quad 2\lambda_2 = 3\lambda_1$$

$\lambda_2 = \frac{3}{2} \times 0{,}4 = 0{,}6\ (\mu m)$: đây là bức xạ nằm trong vùng ánh sáng thấy được.

Vậy : vân sáng bậc 2 của λ_2 trùng với vân sáng bậc 3 của λ_1.

7.5. Hai khe Iâng S_1, S_2 cách nhau a = 2 mm được chiếu bởi nguồn sáng S.

a) S phát ánh sáng đơn sắc bước sóng λ_1, người ta quan sát được 7 vân sáng mà khoảng cách giữa hai vân sáng ngoài cùng đo được 2,16mm. Tìm bước sóng λ_1. Biết màn quan sát cách S_1S_2 một khoảng D = 1,2m.

b) S phát đồng thời hai bức xạ : màu đỏ bước sóng $\lambda_2 = 640$nm và màu lam bước sóng $\lambda_3 = 0,480\mu$m. Tính khoảng vân i_2 và i_3 ứng với hai bức xạ này.

Tìm khoảng cách từ vân sáng trung tâm (vân số 0) đến vân sáng cùng màu với nó gần nhất.

c. S phát ánh sáng trắng. Điểm M cách vân sáng trung tâm O một khoảng OM = 1mm. Hỏi tại M mắt ta trông thấy vân sáng của những bức xạ nào ?

(ĐH CÔNG ĐOÀN - 97)

Giải

a) *Bước sóng λ_1 :*

7 vân sáng liên tục cách nhau 6 khoảng vân i_1. Vậy :

$$i_1 = \frac{2,16}{6} = 0,36\ (\text{mm})$$

mà : $i_1 = \dfrac{\lambda_1 D}{a}$

$$\Rightarrow \quad \lambda_1 = \frac{i_1.a}{D} = \frac{0,36.10^{-3} \times 2.10^{-3}}{1,2} = 0,6.10^{-6}(\text{m}) = 0,6\ (\mu\text{m}).$$

Vậy : bước sóng λ_1 là 0,6 (μm).

b) • *Khoảng cách vân đỏ và lam :*

$$+ \quad i_2 = \frac{\lambda_2 D}{a} = \frac{0,64.10^{-6} \times 1,2}{2.10^{-3}} = 0,384.10^{-3}(\text{m}) = 0,384\ (\text{mm})$$

$$+ \quad i_3 = \frac{\lambda_3 D}{a} = \frac{0,48.10^{-6} \times 1,2}{2.10^{-3}} = 0,288.10^{-3}(\text{m}) = 0,288\ (\text{mm})$$

• *Khoảng cách từ vân trung tâm đến vân sáng cùng màu với nó gần nhất :*

Tại vị trí vân trung tâm (O) có sự trùng khít lên nhau của 2 vân sáng màu đỏ và màu lam.

Ra khỏi vị trí vân trung tâm, 2 hệ vân lệch nhau, sau đó chúng trùng lại tạo ra màu giống như tại O.

Tại vị trí 2 vân sáng trùng nhau, ta có :

$$x = k_2 i_2 = k_3 i_3$$

$$k_2 = \frac{\lambda_2 D}{a} = k_3 = \frac{\lambda_3 D}{a}$$

$$k_2.\lambda_2 = k_3.\lambda_3$$

$$k_2 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2}k_3 = \frac{0,48}{0,64}k_3 = \frac{3}{4}k_3$$

Với k_2 và k_3 là các số nguyên nên k_3 là bội số của 4 tức $k_3 = 0,\ 4,\ 8,\ \ldots$

Với $k_3 = 0$: vân sáng trung tâm (O) nên vân sáng tiếp theo phải tìm chính là vân sáng bậc 4 ($k_3 = 4$) của màu lam. Vị trí đó là :

$$x = 4\frac{\lambda_3.D}{a} = 4.\frac{0,48.10^{-6} \times 1,2}{2.10^{-3}}(m) = 1.152.10^{-3}\ (m) = 1.152\ (mm)$$

Vậy khoảng cách từ vân sáng trung tâm đến vân sáng cùng màu với nó gần nhất là 1,152 (mm).

c) *Các bức xạ cho vân sáng tại M :*

Gọi λ là bước sóng của bức xạ cho vân sáng tại M với :

$$0,40\ (\mu m) \le \lambda \le 0,75\ (\mu m) \qquad (1)$$

thì : $x = OM = |k|\dfrac{\lambda D}{a}$

$$\Rightarrow \quad \lambda = \frac{a.|x|}{|k|.D} = \frac{2.10^{-3} \times 1.10^{-3}}{|k|.1,2} = \frac{10^{-6}}{0,6|k|}\ (m) = \frac{1}{0,6|k|}\ (\mu m) \qquad (2)$$

(1) cho : $0,40 \le \dfrac{1}{0,6|k|} \le 0,75\ (\mu m)$

$$\frac{1}{0,6 \times 0,75} \le |k| \le \frac{1}{0,4 \times 0,6}$$

$$2,2 \le |k| \le 4,17$$

$|k| = 3$ và 4 và thay vào (2) ta được : $\lambda_1 = \dfrac{1}{0,6.3} \approx 0,556\ (\mu m)$

$$\lambda_2 = \frac{1}{0,6.4} \approx 0,417\ (\mu m).$$

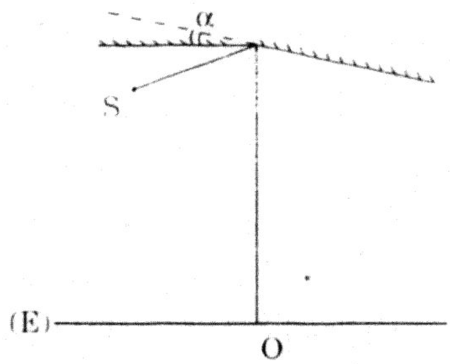
Vậy có 2 bức xạ với 2 bước sóng vừa tìm cho vân sáng tại M.

7.6. Một hệ gương Frêxnen gồm hai gương phẳng G_1 và G_2 nghiêng nhau một góc $\alpha = 15'$ (Hình vẽ). Đặt một khe sáng hẹp S song song với giao tuyến I của hai gương này và cách I một khoảng SI = r = 18cm. Gọi S_1 và S_2 là hai ảnh ảo của S cho bởi hai gương. Các tia sáng của khe S phản xạ lên G_1 và G_2 hình như phát ra từ S_1 và S_2 và truyền tới giao thoa với nhau trên màn ảnh (E) đặt vuông góc với mặt phẳng trung trực của S_1S_2 theo giao tuyến O. Khoảng cách từ màn của E đến giao tuyến I của G_1 và G_2 là OI = D = 2,96m.

1. Vẽ và tính khoảng cách a giữa hai ảnh S_1 và S_2.

2. Biết rằng với kích thước các gương G_1, G_2 đã được sử dụng ở trên thì bề rộng của vùng giao thoa trên màn (E) có giá trị lớn nhất là b, hãy tính b.

3. Chứng minh rằng với hiệu đường đi của hai tia sáng từ S phát ra, phản xạ trên G_1 và G_2 truyền tới giao thoa với nhau tại điểm M trên màn (E) được xác định bởi công thức :



Hình 274

$$S_1M - S_2M = d_1 - d_2 \approx \frac{ax}{D + r}$$

Với $x = \overline{OM}$ là tọa độ của M so với điểm gốc O trên màn (E). Từ đó suy ra công thức xác định vị trí các vân sáng và vân tối trên màn (E).

4. Tính khoảng vân i và số vân sáng trong vùng giao thoa trên màn (E) đối với ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0{,}650\mu m$. Muốn tăng độ rộng của khoảng vân i thì phải tăng hay giảm góc nghiêng α giữa G_1 và G_2 ?

5. Giả sử ánh sáng phát ra từ khe S với mọi bước sóng λ từ $0{,}48\mu m$ đến $0{,}76\mu m$. Hãy tìm bước sóng của các ánh sáng đơn sắc cho vân tối tại M trên màn (E) cách O một khoảng $x_t = 4{,}5mm$.

(ĐH KINH TẾ QUỐC DÂN – 98)

Giải

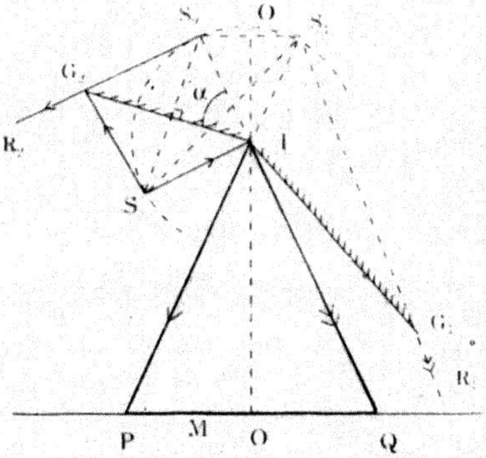
1. *Khoảng cách 2 ảnh* :

- *Vẽ hình* :

– Lấy 2 điểm S_1 và S_2 đối xứng với S qua 2 gương G_1 và G_2 : đó là 2 ảnh (ảo) của S qua 2 gương.

– Từ S_1 nối với 2 mép gương G_1 ta được chùm tia phản xạ trên G_1 giới hạn bởi 2 tia IP và G_1R_1

– Từ S_2 nối với 2 mép gương G_2 ta được chùm tia phản xạ trên G_2 giới hạn bởi hai tia IQ và G_2R_2.



Hình 275

– Hai chùm tia phản xạ trên 2 gương có vùng chung (PIQ) và trong vùng chung này có hiện tượng giao thoa.

- *Khoảng cách $a = S_1S_2$*:

Có $IS_1 = IS_2 = IS = r = 18$ (cm)

Vậy 3 điểm S, S_1, S_2 cùng nằm trên đường tròn tâm I bán kính r, nên :

$$\widehat{S_1IS_2} = 2.\widehat{S_1SS_2} \qquad \text{(vì cùng chắn cung } S_1S_2\text{)}$$

mà $\widehat{S_1SS_2} = \alpha$ (vì góc có cạnh vuông góc)

nên $\widehat{S_1IS_2} = 2\alpha$. Lấy 1' ≈ 3.10^{-4} Rad thì :

$$\widehat{S_1IS_2} = 2 \times 15 \times 3.10^{-4} = 9.10^{-3} \text{ (Rad)}$$

Suy ra chiều dài cung S_1S_2 là :

$$\overset{\frown}{S_1S_2} = r.2\alpha = 18 \times 9.10^{-3} = 0{,}162 \text{ (cm)}$$

Vì góc ở tâm 2 α rất bé nên chiều dài dây cung S_1S_2 cũng xấp xỉ bằng cung $\overset{\frown}{S_1S_2}$. Vậy : $a = S_1S_2 = 1{,}62$ (mm)

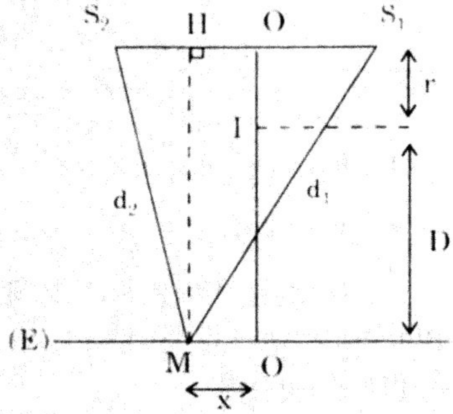
2. *Bề rộng vùng giao thoa trên màn* :

Bề rộng vùng giao thoa trên màn là PQ với:

$$PQ = 2OP = 2.IO.tg(\widehat{OIP}) = 2.D.tg\alpha \approx 2.D.\alpha$$
$$= 2 \times 2{,}96 \times 4{,}5.10^{-3} = 26{,}64.10^{-3} \text{ (m)}$$

Vậy bề rộng giao thoa trên màn là 26,64mm.

3. • *Chứng minh công thức tính hiệu đường đi của hai tia sáng phát ra từ S*:



Hình 276

Các tia sáng phát ra từ S chiếu đến hai gương rồi đến M trên màn (E) tựa như phát ra từ S_1 và S_2. Vì vậy hiệu đường đi của hai tia sáng phát ra từ S đến M chính là:

$$S_1M - S_2M = d_1 - d_2$$

ΔMHS_1 : $S_1M^2 = S_1H^2 + MH^2$

$$d_1^2 = \left(\frac{a}{2} + x\right)^2 + OO'^2$$

ΔMHS_2 : $S_2M^2 = S_2H^2 + MH^2$

$$d_2^2 = \left(\frac{a}{2} - x\right)^2 + OO'^2$$

Lập hiệu số : $d_1^2 - d_2^2 = 2a.x$ (1)

Vì a và x rất bé so với d_1 và d_2 nên ta có gần đúng:

$$d_1 + d_2 \approx 2.OO' = 2(OI + IO')$$

Chú ý rằng góc $\widehat{S_1IS_2} = 2\alpha$ rất bé nên cũng có gần đúng $IO' \approx IS_1 = r$, vậy :

$d_1 + d_2 \approx 2(D + r)$ và thay vào (1) :

$$(d_1 - d_2).2(D + r) = 2a.x \quad \Rightarrow \quad \boxed{d_1 - d_2 = \frac{a.x}{D + r}} \tag{2}$$

- *Công thức xác định vị trí vân sáng và vân tối :*

+ M là vân sáng thì : $d_1 - d_2 = k\lambda$ (3)

So sánh (2) và (3) ta được :

$$\frac{ax}{D + r} = k\lambda \quad \Rightarrow \quad x = k\frac{\lambda(D + r)}{a} \quad \text{với} \quad k = 0, \pm 1 ; \pm 2 ; \ldots$$

+ M là vân tối thì : $d_1 - d_2 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ (4)

So sánh (2) và (4) ta được :

$$\frac{ax}{D + r} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad x = (2k + 1)\frac{\lambda(D + r)}{2a}$$

4. • *Khoảng cách vân i :*

Khoảng vân i là khoảng cách giữa 2 vân sáng (hay tối) liên tiếp nên :

$$i = x_{k+1} - x_k = (k + 1)\frac{\lambda(D + r)}{a} - k\frac{\lambda(D + r)}{a}$$

$$i = \frac{\lambda(D + r)}{a} = \frac{0{,}65.10^{-6}(2{,}96 + 0{,}18)}{1{,}62.10^{-3}} \approx 1{,}26.10^{-3} \text{ (m)}$$

$i = 1{,}26$ (mm).

- *Số vân sáng trên màn :*

Vị trí vân sáng : $x = k\frac{\lambda(D + r)}{a} = ki = 1{,}26k$ (mm)

Bề rộng nửa màn là : $OP = OQ = \frac{PQ}{2} = \frac{26{,}64}{2} = 13{,}32$ (mm)

nên : $-13{,}32 \leq x = \overline{OM} = 1{,}26K \leq 13{,}32$(mm)

$$-\frac{13{,}32}{1{,}26} \leq k \leq \frac{13{,}32}{1{,}26}$$

$$-10{,}57 \leq k \leq 10{,}57$$

$k = -10, \ldots, 0, \ldots, 10$ (21 giá trị)

Vậy trên màn ta nhận được 21 vân sáng.

- Thay đổi góc α để tăng độ rộng i :

Có : $i = \frac{\lambda(D + r)}{a} = \frac{\lambda(D + r)}{r.2\alpha}$

Vậy để tăng i thì giảm góc nghiêng α của 2 gương.

5. *Bước sóng ánh sáng cho vân tối tại M* :

Vị trí vân tối trên màn :

$$x_t = (2k' + 1).\frac{\lambda(D + r)}{2a}$$

$$\Rightarrow \quad \lambda = \frac{2a.x_t}{(2k' + 1)(D + r)} = \frac{2 \times 1,62.10^{-3} \times 4,5.10^{-3}}{(2k' + 1)(2,96 + 0,18)}$$

$$= \frac{4,64.10^{-6}}{2k' + 1}(\mathrm{m}) = \frac{4,64}{2k' + 1}\ (\mu\mathrm{m}) \qquad (5)$$

mà : $0,48 \le \lambda \le 0,76(\mu\mathrm{m})$ nên :

$$0,48 \le \frac{4,64}{2k' + 1} \le 0,76$$

$$\frac{4,64}{0,76} \le 2k' + 1 \le \frac{4,64}{0,48}$$

$$6,1 \le 2k' + 1 \le 9,7$$

$$5,1 \le 2k' \le 8,7$$

$$2,55 \le k' \le 4,35$$

Vậy : $k' = 3; 4$ (2 giá trị).

Thay 2 giá trị k' vào (5) ta tính được bước sóng của 2 ánh sáng đơn sắc cho vân tối tại M là :

$$\lambda_1 = \frac{4,64}{2 \times 3 + 1} \approx 0,66\ (\mu\mathrm{m})$$

$$\lambda_2 = \frac{4,64}{2 \times 4 + 1} \approx 0,52\ (\mu\mathrm{m}).$$

7.7. Thí nghiệm Iâng về giao thoa ánh sáng với nguồn sáng là hai bức xạ có bước sóng lần lượt là λ_1 và λ_2. Cho $\lambda_1 = 0,5\ \mu\mathrm{m}$. Biết rằng vân sáng bậc 12 của bức xạ λ_1 trùng với vân sáng bậc 10 của bức xạ λ_2.

a) Xác định bước sóng λ_2.

b) Tính khoảng cách từ vân sáng 5 của bức xạ λ_1 đến vân sáng 11 của bức xạ λ_2 (đều nằm bên trên vân sáng giữa), biết hai khe Iâng cách nhau 1 mm và khoảng cách từ hai khe tới màn ảnh là 1 m.

(ĐH CẦN THƠ - 98)

Đáp số

a) $k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2 \Rightarrow \quad \lambda_2 = 0,6\ (\mu\mathrm{m}).$

b) $\Delta x = k_2\frac{\lambda_2 D}{a} - k_1\frac{\lambda_1 D}{a} = 4,1\ (\mathrm{mm}).$

TIA RƠNGHEN

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. Tia RƠNGHEN là một loại sóng điện từ có bước sóng ngắn hơn cả bước sóng của tia tử ngoại (từ 10^{-12} m đến 10^{-9} m)

2. Ống RƠNGHEN là một ống thủy tinh đã hút hết không khí gồm 3 điện cực :

- Catốt
- Đối catốt
- Anốt (thường nối với đối catốt)

Hiệu thế giữa anốt và catốt khoảng vài vạn vôn.

3. Phần lớn động năng của êlectrôn khi đập vào đối catốt để :

- Làm nóng đối catốt.
- Biến thành năng lượng của chùm tia Rơnghen.

4. Một số công thức thường gặp :

+ Định lí động năng : $A = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

$A > 0 \rightarrow V > V_0$: Công động

$A < 0 \rightarrow V < V_0$: Công cản

+ Công của lực điện trường : Khi hạt điện tích q di chuyển giữa 2 điểm có hiệu điện thế U_{12} thì công là :

$$A_{12} = qU_{12}$$

(q và U_{12} có thể dương hoặc âm)

+ Năng lượng của phôtôn trong chùm tia Rơnghen :

$$\varepsilon = hf = h\frac{c}{\lambda}$$

Với : $\begin{cases} h = 6,625.10^{-34}\,(J.s) \\ f \text{ và } \lambda \text{ là tần số và bước sóng của tia Rơnghen} \\ c = 3.10^8\,(m/s) \end{cases}$

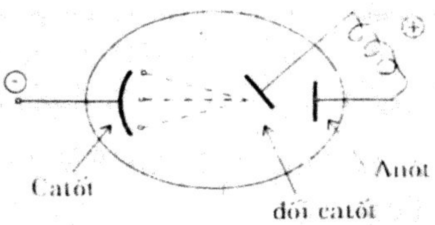
BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Hiệu điện thế giữa anốt và catốt của ống Rơnghen là V = 20 kV. Bỏ qua động năng của êlectrôn khi bứt ra khỏi catốt. Tính vận tốc của êlectrôn khi vừa tới đối catốt.

Biết : $h = 6{,}625.10^{-34}$ J.s; $c = 3.10^{8}$m/s ; $e = 1{,}6.10^{-19}$ c ;

$m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg.

Giải



Hình 277

– Êlectrôn di chuyển được từ catốt đến đối catốt chủ yếu là do lực điện trường. Công của lực điện trường được tính bởi :

$$A = q_e.U_{KA}$$

trong đó :

+ $q_e = -e$ là điện tích của êlectrôn.

+ U_{KA} là hiệu điện thế giữa catốt và anốt với $U_{KA} = -U$ (dấu "–" vì $U_{KA} < 0$)

Vậy : $A = (-e)(-U) = eU$ (1)

– Mặt khác theo định lí động năng thì :

$$A = \frac{1}{2}m_e v^2 - \frac{1}{2}m_e.v_o^2$$

Với : $\begin{cases} v \text{ là vận tốc của êlectrôn tại đối catốt} \\ v_o \text{ là vận tốc lúc bứt ra khỏi catốt (bằng 0)} \end{cases}$

nên : $A = \frac{1}{2}m_e v^2$ (2)

(1) và (2) cho : $\frac{1}{2}m_e v^2 = eU$

$$\Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}6.10^{-19} \times 2.10^{4}}{9{,}1.10^{-31}}} \approx 8{,}386.10^{7}\left(\frac{m}{s}\right)$$

Vậy vận tốc êlectrôn khi tới đối catốt $V \approx 8{,}4.10^{7}$ (m/s).

Bài tập 2. Hiệu điện thế giữa anốt và catốt của ống Rơnghen là $U = 2.10^{1}$(V). Hỏi bước sóng nhỏ nhất của tia Rơnghen mà ống có thể phát ra là bao nhiêu ?

Bỏ qua động năng của êlectrôn lúc bứt ra khỏi catốt.

Biết $e = 1{,}6.10^{-19}$c; $c = 3.10^{8}$m/s; $h = 6{,}625.10^{-34}$J.s

Giải

Động năng của êlectrôn trước khi đập vào đối catốt là :

$\frac{1}{2}mv^2 = eU$ (xem bài tập 1)

Động năng này một phần biến thành động năng làm nóng đối catôt (Q) và phần còn lại biến thành năng lượng của phôtôn $\left(\varepsilon = hf = h\frac{c}{\lambda}\right)$:

$$eU = Q + h\frac{c}{\lambda}$$

$$eU \geq h\frac{c}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda \geq \frac{hc}{eU}$$

Dấu "=" ứng với trường hợp toàn bộ động năng được chuyển thành năng lượng phôtôn.

Suy ra : $\lambda_{min} = \dfrac{6{,}625.10^{-34} \times 3.10^{8}}{1{,}6.10^{-19} \times 2.10^{4}} = 6{,}2.10^{-11}(m) = 0{,}62(\overset{o}{A})$.

Bài tập 3. Cường độ dòng điện qua ống Rơnghen là I = 5mA. Tính lượng êlectrôn tới đập vào đối catôt trong 1 phút, biết $e = 1{,}6.10^{-19}$C.

Giải

Điện lượng qua ống trong 1 phút :

$$q = I.t = 5.10^{-3} \times 60 = 0{,}3 \text{ (Culông)}$$

Điện lượng này là tổng điện tích của các êlectrôn đập vào đối catôt trong thời gian trên. Vậy số êlectron đập vào đối catôt là :

$$n = \frac{q}{e} = \frac{0{,}3}{1{,}6.10^{-19}} = 1{,}875.10^{18} \text{ (êlectrôn)}$$

Bài tập 4. Hiệu điện thế giữa anốt và catôt của ống Rơnghen là U = 18 kV cường độ dòng điện qua ống là I = 5 mA. Bỏ qua động năng lúc êlectrôn bứt ra khỏi catôt. Tính nhiệt lượng làm nóng đối catôt trong 1 phút, biết rằng có 95% động năng của êlectron đã chuyển thành nhiệt lượng trên.

Giải

Điện lượng qua ống trong thời gian t :

$$q = I\,.\,t$$

Số êlectrôn đập vào đối catôt trong thời gian nói trên :

$$n = \frac{q}{e} = \frac{I.t}{e}$$

Động năng của hạt êlectron tại đối catôt là :

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU$$

Tổng động năng của n hạt êlectrôn trước khi đập vào đối catôt là :

$$W_đ = n\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = n(eU) = \frac{I.t}{e}.eU = I.t.U$$

$$= 5.10^{-3} \times 60 \times 18.10^{3} = 5400\ (J)$$

Vì chỉ có 95% động năng chuyển thành nhiệt nên nhiệt lượng làm nóng đối catốt là :

$$Q = \frac{95}{100}W_đ = \frac{95}{100} \times 5400 = 5130(J).$$

Bài tập 5. Hiệu điện thế giữa hai cực của ống Rơnghen là U = 2,1 kV và cường độ dòng điện qua ống là I = 0,8 mA. Toàn bộ động năng của êlectrôn đập vào đối catốt được chuyển thành nhiệt và được nước chảy qua đối catốt hấp thụ làm cho nước ở lối ra cao hơn lối vào 10°C.

Tính khối lượng nước chảy qua đối catốt trong mỗi giây. Biết nhiệt dung riêng của nước là $C = 4200\ \frac{J}{Kg.K}$ và bỏ qua động năng ban đầu của êlectrôn.

Giải

+ Số lượng êlectrôn đập vào đối catốt trong thời gian t :

$$n = \frac{q}{e} = \frac{I.t}{e}$$

Động năng của một hạt êlectrôn tại đối catốt :

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU$$

Động năng của n hạt êlectrôn đập vào đối catốt trong thời gian t là :

$$W_đ = n\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = \frac{I.t}{e}.eU = I.t.U \qquad (1)$$

Toàn bộ động năng trên được chuyển thành nhiệt để làm m(kg) nước nóng lên $\Delta\theta$ trong thời gian t nên :

$$Q = mC.\Delta\theta \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $I.t.U = mC.\Delta\theta$

Nhắc lại rằng m là khối lượng nước chảy qua đối catốt trong thời gian t, vậy khối lượng nước qua đối catốt trong 1 giây là :

$$\frac{m}{t} = \frac{IU}{C.\Delta\theta} = \frac{0,8.10^{-3} \times 2,1.10^{3}}{4200 \times 10} = 4.10^{-5}\left(\frac{Kg}{s}\right)$$

Vậy mỗi giây có 4.10^{-5} Kg nước chảy qua đối catốt.

ĐỀ THI

7.8. Trong một ống Rơnghen người ta tạo ra một hiệu điện thế không đổi $U = 2.10^4 (V)$ giữa 2 cực.

a) Tính động năng của điện tử đến đối catốt (bỏ qua động năng ban đầu của điện tử khi bứt khỏi catốt).

b) Tính tần số cực đại của tia Rơnghen.

c) Trong một phút người ta đếm được 6.10^{18} điện tử đập vào đối catốt. Tính cường độ dòng điện qua ống Rơnghen.

d) Nói rõ cơ chế tạo thành tia Rơnghen ở đối catốt.

Biết $e = 1,6.10^{-19} C$, $h = 6,625.10^{-34} Js$.

(ĐH MỎ – ĐỊA CHẤT – 96)

Giải

a) *Động năng của điện tử đến đối catốt :*

Công điện trường làm điện tử di chuyển từ catốt đến đối catốt là :

$$A = eU$$

Vì bỏ qua động năng lúc điện tử bứt ra khỏi catốt nên theo định lí động năng, công này bằng với động năng của điện tử đến đối catốt :

$$A = W_đ$$

Vậy : $W_đ = eU = 1,6.10^{-19} \times 2.10^4 = 3,2.10^{-15} (J)$.

b) *Tần số cực đại của tia Rơnghen :*

Động năng của điện tử tại đối catốt được dùng để :

– Một phần làm nóng đối catốt (Q)

– Phần còn lại tạo năng lượng phôtôn của tia Rơnghen ($\varepsilon = hf$).

Vậy : $W_đ = Q + h.f \Rightarrow W_đ \geq hf \Rightarrow f \leq \dfrac{W_đ}{h}$

(dấu "=" xảy ra khi toàn bộ động năng được chuyển thành năng lượng phôtôn).

Suy ra : $f_{max} = \dfrac{W_đ}{h} = \dfrac{3,2.10^{-15}}{6,625.10^{-34}} \approx 0,483.10^{19}$

$$f_{max} = 4,83.10^{18} (Hz)$$

c) *Cường độ dòng điện qua ống Rơnghen :*

Điện lượng qua ống trong thời gian t là : $q = n . e$

Cường độ dòng điện :

$$I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t} = \frac{6.10^{18} \times 1,6.10^{-19}}{60} = 0,016 (A).$$

d) *Cơ chế tạo thành tia Rơnghen :*

Các điện tử bứt ra từ catốt được tăng tốc trong điện trường mạnh nên thu được động năng rất lớn. Khi đến đối âm cực, chúng gặp các nguyên tử của đối âm cực, xuyên sâu vào những lớp bên trong của vỏ nguyên tử và tương tác với hạt nhân nguyên tử và với các êlectron ở các lớp này. Trong sự tương tác này sẽ phát ra một sóng điện từ có bước sóng rất ngắn : đó là tia Rơnghen.

7.9. **1.** Chứng minh rằng nếu bỏ qua động năng ban đầu của êlectrôn trong ống Rơnghen thì bước sóng của chùm tia X phát ra thỏa mãn điều kiện :

$$\lambda \geq \frac{hc}{eU}$$

2. Tính λ_{min} với U = 15000 vôn.

Lấy $h = 6,625.10^{-34}$Js, $C = 3.10^8$m/s và $e = 1,6.10^{-19}$C.

(ĐH ĐÔNG ĐÔ - 98)

Giải

1. *Điều kiện của bước sóng :*

Nếu bỏ qua động năng ban đầu của êlectrôn thì động năng của êlectrôn tại đối catốt là :

$$W_đ = \frac{1}{2}mv^2 = eU$$

Động năng này :

- Một phần đốt nóng đối catốt (Q).
- Phần còn lại tạo thành năng lượng phôtôn của tia Rơnghen:

$$\left(\varepsilon = hf = h\frac{C}{\lambda}\right)$$

Vậy : $$W_đ = Q + h\frac{C}{\lambda} \geq h\frac{C}{\lambda}$$

hay : $$eU \geq h\frac{C}{\lambda} \Rightarrow \lambda \geq \frac{hC}{eU} \quad (1)$$

2. *Giá trị λ_{min} :*

(1) cho : $$\lambda_{min} = \frac{hC}{eU} = \frac{6,625.10^{-34} \times 3.10^8}{1,6.10^{-19} \times 15.10^3} \approx 0,83.10^{-10} (m)$$

$$\lambda_{min} = 0,83 \; (\mathring{A}).$$

Chương VIII

LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. Thuyết lượng tử

Các nguyên tử hay phân tử vật chất không hấp thụ hay bức xạ ánh sáng một cách liên tục mà thành từng "phần" riêng biệt, đứt quãng. Mỗi "phần" đó mang một năng lượng hoàn toàn xác định, có độ lớn là $\varepsilon = hf$, f là tần số của ánh sáng do nguyên tử phát ra, h là hằng số Plăng.

$$h = 6{,}625.10^{-34}\ J.s.$$

Mỗi phần ánh sáng nhỏ bé đó gọi là lượng tử ánh sáng hay phôtôn.

– Hiện tượng quang điện, sự phát quang của các chất, các phản ứng quang hoá và sự tạo thành các quang phổ vạch là những hiện tượng có liên quan đến tính chất lượng tử (tính chất hạt) của ánh sáng.

2. Hiện tượng quang điện

Là hiện tượng các êlectrôn bị bật ra khỏi mặt kim loại, khi chiếu vào kim loại đó ánh sáng có bước sóng thích hợp.

3. Các định luật quang điện

– Định luật quang điện thứ nhất: Đối với mỗi kim loại dùng làm catốt có một bước sóng giới hạn λ_0 nhất định gọi là giới hạn quang điện. Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng λ của ánh sáng kích thích nhỏ hơn giới hạn quang điện:

$$\lambda \leq \lambda_0$$

– Định luật quang điện thứ hai: Với ánh sáng có bước sóng thỏa mãn định luật quang điện thứ nhất thì cường độ dòng điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ của chùm ánh sáng kích thích.

– Định luật quang điện thứ ba: Động năng ban đầu cực đại của các êlectrôn quang điện không phụ thuộc vào cường độ của chùm ánh sáng kích thích, mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích và bản chất kim loại dùng làm catốt

4. Công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện

$$\boxed{hf = A + \frac{1}{2}mV_{0max}^2}$$

Với : $\begin{cases} hf = h\dfrac{c}{\lambda} & \text{là năng lượng phôtôn của ánh sáng chiếu tới} \\ A & \text{là công thoát} \\ \dfrac{1}{2}mV_{o\max}^2 & \text{là động năng ban đầu cực đại của êlectrôn} \end{cases}$

5. *Một số công thức suy ra từ công thức Anhxtanh*

- *Giới hạn quang điện :* $\boxed{\lambda_o = \dfrac{hc}{A}}$
- *Điều kiện để có hiện tượng quang điện xảy ra :* $\boxed{\lambda \le \lambda_o}$
- *Hiệu thế hãm U_h :* $\boxed{eU_h = \dfrac{1}{2}mV_{o\max}^2}$

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Một ngọn đèn phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0{,}6\mu m$ sẽ phát ra bao nhiêu phôtôn trong 10 s nếu công suất của đèn là P = 10W. Biết $h = 6{,}625.10^{-34}$ Js ; $C = 3.10^8$ m/s.

Giải

Năng lượng mỗi phôtôn :

$$\varepsilon = h\frac{C}{\lambda} = 6{,}625.10^{-34}.\frac{3.10^8}{0{,}6.10^{-6}} = 3{,}3125.10^{-19}\ (J)$$

Năng lượng ngọn đèn phát ra trong t = 10s :

$$W = P.t = 10 \times 10 = 100\ (J)$$

Số phôtôn phát ra trong t = 10s :

$$n = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{100}{3{,}3125.10^{-19}} \approx 3.10^{20}.$$

Bài tập 2. Cường độ dòng quang điện bão hòa là $I_{bh} = 0{,}32mA$. Tính số êlectrôn tách ra khỏi catốt của tế bào quang điện trong thời gian t = 20s. biết rằng chỉ có 80% số êlectrôn tách ra được chuyển về anốt.

Biết $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.

Giải

+ Điện lượng đến anốt (để tạo dòng quang điện) :

$$q = I.t = 0{,}32.10^{-3}.20 = 6{,}4.10^{-3}\ (C)$$

+ Số êlectrôn đến được anốt :

$$n = \frac{q}{e} = \frac{6{,}4.10^{-3}}{1{,}6.10^{-19}} = 4.10^{16}\ (\text{êlectrôn})$$

+ Vì chỉ có 80% đến được anốt nên số êlectrôn tách ra khỏi catốt là :

$$n' = \frac{100}{80}.n = \frac{100}{80}.4.10^{16} = 5.10^{16} \text{ (êlectrôn)}.$$

Bài tập 3. Khi chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 0,5\mu m$ vào bề mặt catốt của tế bào quang điện tạo ra dòng điện bão hòa $I_{bh} = 0,32$ A. Công suất bức xạ đập vào catốt là P = 1,5W.

Tính hiệu suất lượng tử (là tỉ số giữa êlectrôn thoát ra khỏi catốt và số phôtôn rọi lên nó)

Biết $h = 6.625.10^{-34}$ Js ; $C = 3.10^8$m/s ; $e = 1.6.10^{-19}$C.

Giải

+ Năng lượng mỗi phôtôn :

$$\varepsilon = h\frac{C}{\lambda} = 6,625.10^{-34}.\frac{3.10^8}{0,5.10^{-6}} = 39,75.10^{-20} \text{ (J)}$$

+ Năng lượng bức xạ đập vào catốt trong t = 1s :

$$W = P.t = 1,5 \times 1 = 1,5 \text{ (J)}$$

+ Số phôtôn đập vào catốt trong t = 1s là :

$$n = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{1,5}{39,75.10^{-20}} \approx 3,77.10^{18} \text{ (hạt)}$$

Mặt khác :

+ Điện lượng đến anốt (cũng là điện lượng của dòng điện):

$$q = I_{bh}.t = 0,32 \times 1 = 0,32 \text{ (C) (trong 1s)}$$

+ Số êlectrôn đến anốt (cũng là số êlectrôn thoát ra khỏi catốt) trong 1s là :

$$n' = \frac{q}{e} = \frac{0,32}{1.6.10^{-19}} = 2.10^{18} \text{ (êlectrôn)}$$

+ Hiệu suất lượng tử :

$$H = \frac{n'}{n} = \frac{2.10^{18}}{3,77.10^{18}} \approx 0,53 = 53\%.$$

Bài tập 4. Công thoát của kẽm là 3,55eV. Tính giới hạn quang điện của kẽm. Nếu chiếu vào kim loại này ánh sáng đơn sắc có bước sóng 0,4μm (ánh sáng tím), có xảy ra hiện tượng quang điện không ? Vì sao ? Biết $h = 6,625.10^{-34}$ Js ; $C = 3.10^8$m/s.

Giải

+ Ta biết : $1eV = 1,6.10^{-19}$J nên :

$$A = 3,55eV = 3,55.1,6.10^{-19} = 5,68.10^{-19}J$$

+ Giới hạn quang điện của kẽm :

$$\lambda_o = \frac{hC}{A} = \frac{6{,}625.10^{-34}.3.10^{8}}{5{,}68.10^{-19}} \approx 3{,}5.10^{-7}\ (m)$$

$$\lambda_o = 0{,}35\ (\mu m)$$

+ Ánh sáng chiếu tới có $\lambda = 0{,}4\mu m > \lambda_o$ nên hiện tượng quang điện KHÔNG xảy ra.

Bài tập 5. Giới hạn quang điện của kim loại dùng làm catôt của tế bào quang điện là $\lambda_o = 0{,}66\mu m$ (Xêdi). Tính :

a) Công thoát êlectrôn của Xêdi.

b) Động năng ban đầu cực đại và vận tốc cực đại của các êlectrôn quang điện khi bứt ra khỏi catốt, biết ánh sáng chiếu vào có bước sóng $\lambda = 0{,}5\mu m$.

Lấy : $h = 6{,}625.10^{-34}$ Js ; $C = 3.10^{8}$m/s ; $m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg.

Giải

***a)** Công thoát êlectrôn của Xêdi :*

$$A = \frac{hC}{\lambda_o} = \frac{6{,}625.10^{-34} \times 3.10^{8}}{0{,}66.10^{-6}} \approx 3.10^{-19}\ (J)$$

***b)** Động năng ban đầu cực đại và vận tốc cực đại :*

Áp dụng công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện :

$$\frac{hC}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mV_{o\,max}^{2}$$

+ Suy ra động năng ban đầu cực đại của êlectrôn là :

$$W_{od} = \frac{1}{2}m_eV_{o\,max}^{2} = h\frac{C}{\lambda} - A = 6{,}625.10^{-34}\ \frac{3.10^{8}}{0{,}5.10^{-6}} - 3.10^{-19}$$

$$= 3{,}975.10^{-19} - 3.10^{-19} = 0{,}975.10^{-19}\ (Jun)$$

+ Vận tốc cực đại của các êlectrôn :

$$V_{omax} = \sqrt{\frac{2W_{od}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 0{,}975.10^{-19}}{9{,}1.10^{-31}}}$$

$$V_{omax} \approx 4{,}63.10^{5}\ (m/s)$$

Bài tập 6. Ta chiếu ánh sáng có bước sóng 0,42 μm vào catôt của tế bào quang điện. Công thoát của kim loại dùng làm catốt này là 2 eV. Để dòng quang điện bắt đầu triệt tiêu ta phải đặt tế bào dưới một hiệu thế hãm là bao nhiêu ?

Biết $h = 6{,}6.10^{-34}$ Js ; $C = 3.10^{8}$ m/s ; $e = 1{,}6.10^{-19}$C

Giải

+ $A = 2eV = 2 \times 1,6.10^{-19} = 3,2.10^{-19}$ J

+ Động năng ban đầu cực đại của quang êlectrôn :

$$W_{od} = \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2 = h\frac{C}{\lambda} - A = 6,6.10^{-34}.\frac{3.10^8}{0,42.10^{-6}} - 3,2.10^{-19}$$

$$\approx 4,7.10^{-19} - 3,2.10^{-19} = 1,5.10^{-19}\ (J)$$

+ Hiệu thế hãm U_h cho bởi :

$$eU_h = \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2 \Rightarrow U_h = \frac{\frac{1}{2}mV_{o\,max}^2}{e} = \frac{1,5.10^{-19}}{1,6.10^{-19}}$$

$$U_h = 0,9375\ (\text{vôn}).$$

Bài tập 7. Một quả cầu bằng đồng cô lập về điện được chiếu bởi bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 0,14$ μm. Giới hạn quang điện của đồng là $\lambda_o = 0,30$ μm. Tính điện thế cực đại của quả cầu.

Biết $h = 6,625.10^{-34}$ Js ; $C = 3.10^8$m/s ; $e = 1,6.10^{-19}$ C

Giải

+ Công thoát A của quả cầu :

$$A = \frac{hC}{\lambda_o} = \frac{6,625.10^{-34} \times 3.10^8}{0,30.10^{-6}} = 6,625.10^{-19}\ (\text{Jun})$$

+ Khi chiếu vào quả cầu bức xạ có bước sóng $\lambda < \lambda_o$ thì các êlectrôn bứt ra khỏi quả cầu. Quả cầu mang điện thế φ. Điện thế này gây công cản $A_C = e\varphi$ lên các êlectrôn bứt ra sau đó. Lúc đầu điện thế φ còn bé nên công cản A_C còn bé hơn động năng ban đầu cực đại của các êlectrôn ($\frac{1}{2}mV_{o\,max}^2$) nên các êlectrôn tiếp tục bị bứt ra khỏi quả cầu. Lượng êlectrôn bứt ra càng nhiều thì điện thế φ càng lớn, công cản A_C càng lớn và đến lúc công cản ($A_C = e\varphi$) đúng bằng động năng cực đại $\left(\frac{1}{2}mV_{o\,max}^2\right)$ thì êlectrôn bứt ra sau khi chuyển động ra rất xa sẽ quay trở lại quả cầu tức là điện thế quả cầu sẽ không tăng lên được nữa. Lúc đó điện thế quả cầu không tăng. Và đó là điện thế cực đại. Vậy :

$$e\,\varphi_{max} = \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2 \qquad (1)$$

+ Theo công thức Anhxtanh :

$$\frac{hC}{\lambda} - A = \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2 \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $e\,\varphi_{max} = h\frac{C}{\lambda} - A$

$$\Rightarrow \quad \varphi_{max} = \frac{h\dfrac{C}{\lambda} - A}{e} = \frac{6{,}625.10^{-34}.\dfrac{3.10^{8}}{0{,}14.10^{-6}} - 6{,}625.10^{19}}{1{,}6.10^{-19}}$$

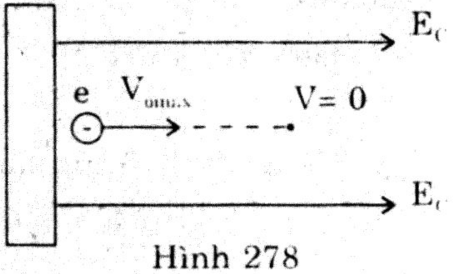
$$\approx \frac{14{,}2.10^{-19} - 6{,}625.10^{-19}}{1{,}6.10^{19}}$$

$$\varphi_{max} \approx 4{,}73 \text{ (vôn)}$$

Bài tập 8. Một điện cực phẳng bằng nhôm được rọi bằng bức xạ tử ngoại có bước sóng $\lambda = 0{,}083\mu m$. công thoát của nhôm là $A_o = 6.10^{-19}$J. Electrôn quang điện có thể rời xa bề mặt điện cực khoảng tối đa là bao nhiêu nếu ta đặt một điện trường đều cản chuyển động của êlectrôn có độ lớn E = 7,5 V/cm.

Biết $h = 6{,}625.10^{-34}$ Js ; $C = 3.10^{8}$ m/S ; $m_e = 9.1.10^{-31}$kg.

Giải



Hình 278

+ Công thức Anhxtanh cho :

$$h\frac{C}{\lambda} = A + \frac{1}{2}m_e V_{o\,max}^2$$

$$\Rightarrow \quad V_{o\,max}^2 = \frac{2}{m_e}\left(\frac{hC}{\lambda} - A\right)$$

$$= \frac{2}{9{,}1.10^{-31}}\left(\frac{6{,}625.10^{34} \times 3.10^{8}}{0{,}083.10^{-6}} - 6.10^{-19}\right)$$

$$\approx \frac{2}{9{,}1.10^{-31}}(23{,}95.10^{-19} - 6.10^{-19}) \approx 3{,}95.10^{12}\left(\frac{m}{S}\right)^2$$

+ Để cản êlectrôn ta đặt một điện trường có đường sức hướng ra ngoài bản. Dưới tác dụng của điện trường này hạt êlectrôn sau khi bứt ra sẽ chuyển động chậm dần đều với gia tốc:

$$|a| = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} \qquad \text{với} \quad E = 7{,}5\ \frac{V}{cm} = 750\,\frac{V}{m}$$

$$= \frac{1{,}6.10^{-19} \times 750}{9{,}1.10^{-31}} \approx 1{,}32.10^{14} \text{ m/s}^2$$

+ Áp dụng công thức về chuyển động chậm dần đều :

$$V^2 - V_{o\,max}^2 = -2|a|S$$

hạt êlectrôn sẽ dịch được quãng đường tối đa (S_{max}) khi hạt dừng lại (V = 0) nên :

$$0 - V_{o\,max}^2 = -2|a|S_{max}$$

$$S_{max} = \frac{V_{o\,max}^2}{2|a|} = \frac{3{,}95.10^{12}}{2 \times 1{,}32.10^{14}} = 1{,}496.10^{-2}\ (m)$$

hay : $S_{max} \approx 1{,}5$ (cm).

Bài tập 9. Catốt của tế bào quang điện có công thoát là $A_o = 5{,}68.10^{-19}$J. Chiếu vào catốt bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 0{,}25\mu m$.

Tách một chùm hẹp các êlectrôn quang điện và hướng nó vào một từ trường đều $\vec{B}$ sao cho vận tốc ban đầu $\vec{V}_{o\,max}$ vuông góc với $\vec{B}$.

Xác định bán kính cực đại của quỹ đạo êlectrôn khi đi trong từ trường với $B = 10^{-4}$T.

Biết $h = 6{,}625.10^{-34}$Js; $C = 3.10^8$m/s; $e = 1{,}6.10^{-19}$C; $m_e = 9{,}1.10^{-31}$kg.

Giải

+ Đầu tiên ta tính vận tốc cực đại của các quang êlectrôn (V_{omax}) bứt ra khỏi catốt :

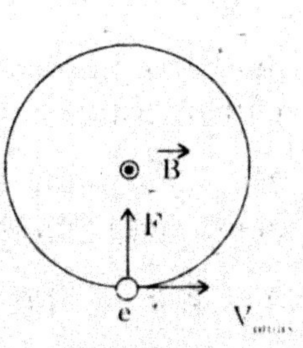
Công thức Anhxtanh : $h\frac{C}{\lambda} = A_o + \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2 = h\frac{C}{\lambda} - A_o = 6{,}625.10^{-34}.\frac{3.10^8}{0{,}25.10^{-6}} - 5{,}68.10^{-19}$$

$$= 7{,}95.10^{-19} - 5{,}68.10^{-19} = 2{,}27.10^{-19}\ (J)$$

$$\Rightarrow \quad V_{omax} = \sqrt{2.\frac{2{,}27.10^{-19}}{9{,}1.10^{-31}}} \approx 7{,}06.10^5\ (m/s)$$

+ Electrôn khi bay vào từ trường đều nó chịu tác dụng 1 lực Lorenx $\vec{F}$. Lực này luôn luôn vuông góc với phương chuyển động của êlectrôn (qui tắc bàn tay trái). Vì vậy êlectrôn sẽ chuyển động tròn đều trong từ trường đều. Lực Lorenx trong trường hợp này là lực hướng tâm.



Hình 279

Độ lớn lực Lorenx : $F = eBV_{omax}\sin\frac{\pi}{2} = eBV_{omax}$ (1)

Độ lớn lực hướng tâm : $F = m_e.\frac{V_{o\,max}^2}{R}$ (2)

(1) và (2) cho : $m_e.\frac{V_{o\,max}^2}{R} = eBV_{omax}$

$$\Rightarrow \quad R = \frac{m_e.V_{o\,max}}{eB} = \frac{9{,}1.10^{-31} \times 7{,}06.10^5}{1{,}6.10^{-19} \times 10^{-4}} = 40{,}15.10^{-3}\ (m)$$

Vì vận tốc cực đại (V_{omax}) nên R có giá trị cực đại. Vậy : $R_{max} \approx 0{,}4$ (m).

ĐỀ THI

8.1. Catốt của một tế bào quang điện được phủ một lớp kim loại có giới hạn quang điện là λ_0. Catốt được chiếu sáng bởi một chùm sáng đơn sắc bước sóng $\lambda < \lambda_0$. Dùng màn chắn tách ra một chùm hẹp các êlectrôn quang điện và hướng nó vào một từ trường đều. Với cảm ứng từ B và $\vec{B}$ vuông góc với $\vec{V}_{max}$ của êlectrôn. Lập biểu thức để tính bán kính cực đại của quĩ đạo các êlectrôn đi trong từ trường.

(ĐHQG TP. HỒ CHÍ MINH – 96)

Giải

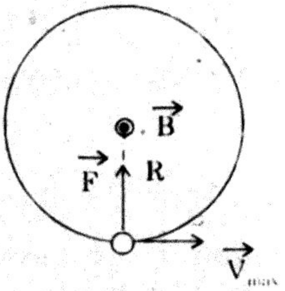
+ Công thoát của catốt : $A = \dfrac{hC}{\lambda_0}$

+ Công thức Anhxtanh : $h\dfrac{C}{\lambda} = A + \dfrac{1}{2}m_eV^2_{max}$

$$\frac{1}{2}m_eV^2_{max} = h\frac{C}{\lambda} - A = h\frac{C}{\lambda} - h\frac{C}{\lambda_0} = hC\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$$

$$\Rightarrow \quad V_{max} = \sqrt{\frac{2hC}{m_e}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)}$$

+ Electrôn khi chuyển động trong từ trường chịu tác dụng của lực Lorenx $\vec{F}$. Lực này luôn luôn vuông góc với phương chuyển động của êlectrôn (qui tắc bàn tay trái $\vec{F} \perp \vec{V}$), do đó không sinh công, tức không làm thay đổi động năng của êlectrôn hay không làm thay đổi vận tốc $\vec{V}$. Như vậy lực Lorenx chỉ làm thay đổi phương của $\vec{V}$ chứ không làm thay đổi độ lớn của $\vec{V}$ (tức luôn luôn bằng V_{max})



Hình 280

Độ lớn lực Lorenx :

$$F = eBV_{max} \cdot \sin\alpha \qquad (\text{với } \alpha = \frac{\pi}{2})$$

$$= eBV_{max}$$

+ Do $\vec{F} \perp \vec{V}$ và độ lớn không đổi nên êlectrôn chuyển động tròn đều Vậy $\vec{F}$ là lực hướng tâm nên :

$$F = eBV_{max} = m_e\frac{V^2_{max}}{R}$$

$$\Rightarrow \quad R = \frac{m_e V_{max}}{eB} = \frac{m_e}{eB}\sqrt{\frac{2hC}{m_e}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_o}\right)}$$

$$\boxed{R = \frac{1}{eB}\sqrt{2m_e.hC\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_o}\right)}}.$$

.2. Một đèn phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,5.10^{-6}$m được dùng ể chiếu vào một tế bào quang điện. Công thoát đối với kim loại dùng làm atốt là A = 1,89 eV.

a) Tính bước sóng giới hạn của catốt.

b) Tính vận tốc cực đại của các êlectrôn bị bật ra khỏi catốt. Cho biết khối ượng của êlectrôn là $m = 9,1.10^{-34}$ kg. điện tích của êlectrôn là $e = 1,6.10^{-19}$ C, ằng số Plăng $h = 6,625.10^{-34}$ Js, vận tốc ánh sáng trong chân không là $= 3.10^8$ m/s.

(ĐH TÀI CHÍNH KẾ TOÁN HÀ NỘI – 96)

Giải

a) *Bước sóng giới hạn của catốt :*

$$A = 1,89 \text{ eV} = 1,89 \times 1,6.10^{-19} = 3,024.10^{-19} \text{ J}$$

Bước sóng giới hạn của catốt :

$$\lambda_o = \frac{hC}{A} = \frac{6,625.10^{-34} \times 3.10^8}{3,024.10^{-19}} \approx 6,57.10^{-7} \text{ (m)}$$

hay $\lambda_o = 0,657$ (μm).

b) *Vận tốc cực đại của các êlectrôn :*

$$h\frac{C}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2 \quad \Rightarrow \quad V_{o\,max}^2 = \sqrt{2.\frac{h\frac{C}{\lambda} - A}{m}}$$

$$V_{o\,max} = \sqrt{2 \times \frac{6,625.10^{-34}.\frac{3.10^8}{0,5.10^{-6}} - 3,024.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}}$$

$$= \sqrt{2 \times \frac{3,975.10^{-19} - 3,024.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}} = 0,457.10^6\left(\frac{m}{s}\right)$$

$V_{omax} = 4,57.10^5$ (m/s).

8.3. Chiếu một ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,489\mu m$ lên kim loại Kali (K) dùng làm catốt một tế bào quang điện. Biết hiệu điện thế hãm $U_h = 0.39$ V. Tìm công thoát êlectrôn và giới hạn quang điện của Kali.

Biết cường độ dòng bão hòa là 5 mA và công suất của ánh sáng chiếu tới là 1,250 W. Tìm hiệu suất lượng tử của hiệu ứng quang điện. Cho $C = 3.10^8$m/s; $e = 1,6.10^{-19}$ C; $h = 6,625.10^{-34}$ Js.

(ĐH SƯ PHẠM HÀ NỘI 2 – 96)

Giải

- *Công thoát êlectrôn và giới hạn quang điện :*

+ Hiệu thế hãm U_h cho bởi : $$eU_h = \frac{1}{2}mV_{0\max}^2 \qquad (1)$$

+ Công thức Anhxtanh cho : $$h\frac{C}{\lambda} - A = \frac{1}{2}mV_{0\max}^2 \qquad (2)$$

+ (1) và (2) cho : $$h\frac{C}{\lambda} - A = eU_h \quad \Rightarrow \quad A = h\frac{C}{\lambda} - eU_h$$

Với : $$\begin{cases} h\dfrac{C}{\lambda} = 6,625.10^{-34}.\dfrac{3.10^8}{0.489.10^{-6}} = 4,0644171.10^{-19}(J) \\ eU_h = 1,6.10^{-19} \times 0.39 = 0.624.10^{-19}(J) \end{cases}$$

nên $A = (4,0644171 - 0,624).10^{-19} = 3,4404171\,.\,10^{-19}$ (J)

Vậy : $A \approx 3,44.10^{-19}$ (J)

+ Giới hạn quang điện :

$$\lambda_0 = \frac{hC}{A} = \frac{6,625.10^{-34} \times 3.10^8}{3,44.10^{-19}} \approx 0,578.10^{-6}\ (m) = 0,578\ (\mu m)$$

- *Hiệu suất lượng tử :*

+ Điện lượng các êlectrôn bứt ra khỏi catốt (cũng là điện lượng của dòng điện) trong thời gian 1s :

$$q = It = 5.10^{-3} \times 1 = 5.10^{-3}\ \text{(Culông)}$$

+ Số êlectrôn bứt ra khỏi catốt trong 1s :

$$n = \frac{q}{e} = \frac{5.10^{-3}}{1,6.10^{-19}} = 3,125.10^{16}\ \text{(hạt)}$$

+ Năng lượng 1 phôtôn của ánh sáng chiếu tới catốt :

$$\varepsilon = h\frac{C}{\lambda} = 6,625.10^{-34}.\frac{3.10^8}{0.489.10^{-6}} \approx 40,644.10^{-20}\ (J)$$

+ Năng lượng ánh sáng chiếu tới catốt trong 1s :

$$W = P.t = 1,250 \times 1 = 1,25\ (J)$$

+ Số phôtôn chiếu tới catốt trong 1s :

$$n' = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{1,25}{40,644.10^{-20}} = 3,07548.10^{18} \text{ (hạt)}$$

+ Hiệu suất lượng tử :

$$H = \frac{n}{n'} = \frac{3,125.10^{16}}{3,07548.10^{8}} = 1,016.10^{-2} = 1,016\%.$$

8.4. Khi chiếu lần lượt hai bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda_1 = 0,25.10^{-6}$ m và $\lambda_2 = 0,30.10^{-6}$ m vào một tấm kim loại Z, người ta thấy vận tốc ban đầu cực đại của êlectrôn quang điện lần lượt là $V_1 = 7,31.10^5$ m/s và $V_2 = 4,93.10^5$ m/s.

1. Từ các số liệu trên hãy xác định khối lượng m_e của êlectrôn và giới hạn quang điện của kim loại Z.

2. Chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng λ vào tấm kim loại trên được đặt cô lập về điện thì điện thế cực đại đạt được là 3V. Tính bước sóng λ của bức xạ đó.

Cho $h = 6,625.10^{-34}$ Js ; $C = 3.10^8$m/s ; $e = 1,6.10^{-19}$ C.

(ĐH THÁI NGUYÊN – 96)

Giải

1. Khối lượng m_e của êlectrôn và giới hạn quang điện :

+ **Từ hai phương trình :**
$$\begin{cases} h\dfrac{C}{\lambda_1} = A + \dfrac{1}{2}m_eV_1^2 & (1) \\ h\dfrac{C}{\lambda_2} = A + \dfrac{1}{2}m_eV_2^2 & (2) \end{cases}$$

Lấy (1) trừ (2) :
$$hC\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) = \frac{1}{2}m_e\left(V_1^2 - V_2^2\right)$$

$$hC\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1.\lambda_2} = \frac{1}{2}m_e\left(V_1^2 - V_2^2\right)$$

$$6,625.10^{-34}\times 3.10^8\frac{(0,30 - 0,25).10^{-6}}{0,30\times 0,25.10^{-12}} = \frac{1}{2}m_e(7,31^2 - 4,93^2).10^{+10}$$

$$13,25.10^{-20} = \frac{1}{2}m_e.29,1312.10^{10}$$

$$m_e = \frac{2\times 13,25.10^{-20}}{29,1312.10^{10}} = 9,096775.10^{-31}$$

$$m_e \approx 9,1.10^{-31} \text{ (kg)}$$

+ Phương trình (1) cho :

$$A = h\frac{C}{\lambda_1} - \frac{1}{2}m_eV_1^2 = 6{,}625.10^{-34}.\frac{3.10^8}{0{,}25.10^{-6}} - \frac{1}{2}.9{,}1.10^{-31}(7.31.10^5)^2$$

$$= 55{,}186575.10^{-20} \approx 55{,}2.10^{-20}\ (J).$$

+ Giới hạn quang điện :

$$\lambda_0 = \frac{hC}{A} = \frac{6{,}625.10^{-34}\times 3.10^8}{55{,}2.10^{-20}} \approx 0{,}36.10^{-6}\ (m) = 0{,}36\ (\mu m)$$

2. *Bước sóng λ của bức xạ điện từ chiếu vào quả cầu :*

Dưới tác dụng của bức xạ điện từ có bước sóng λ sẽ làm cho êlectrôn bứt ra và quả cầu có điện thế φ, nó tạo ra công cản A = eφ lên các êlectrôn bứt ra sau đó. Khi êlectrôn bứt ra càng nhiều, điện thế φ của quả cầu càng lớn, công cản càng lớn và đến lúc A = eφ đúng bằng động năng cực đại của các êlectrôn thì các êlectrôn sau khi bị bứt ra, chuyển động ra rất xa rồi sẽ quay trở lại quả cầu, lúc đó quả cầu có điện thế φ cực đại.

Vậy : $$A = e\,\varphi_{max} = \frac{1}{2}m_eV_{o\,max}^2 \qquad (3)$$

Mặt khác theo công thức Anhxtanh thì :

$$h\frac{C}{\lambda} - A = \frac{1}{2}m_eV_{o\,max}^2 \qquad (4)$$

(3) và (4) cho : $$e\,\varphi_{max} = h\frac{C}{\lambda} - A \Rightarrow \frac{hC}{\lambda} = e\,\varphi_{max} + A$$

$$\lambda = \frac{hC}{e\varphi_{max} + A} = \frac{6{,}625.10^{-34}\times 3.10^8}{1{,}6.10^{-19}\times 3 + 5{,}52.10^{-19}}$$

$$= 1{,}925872.10^{-7}\ (m) \approx 0{,}19\ (\mu m).$$

8.5. Chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng λ = 0,546 μm lên mặt kim loại dùng làm catốt của tế bào quang điện, ta thu được dòng điện bão hòa có cường độ I_0 = 2 mA. Công suất của bức xạ điện từ là P = 1,515 W.

1. Tìm tỉ số giữa số êlectrôn thoát ra khỏi bề mặt kim loại và số phôtôn rọi lên nó trong một giây.

2. Giả sử các êlectrôn đó được tách ra bằng màn chắn để lấy một chùm hẹp hướng vào từ trường đều có cảm ứng từ B = 10^{-4}T, sao cho B vuông góc với phương ban đầu của vận tốc êlectrôn. Biết quỹ đạo của êlectrôn có bán kính cực đại là r = 23,32 mm.

a) Xác định vận tốc ban đầu cực đại của êlectrôn quang điện theo các số liệu trên.

b) Tìm giới hạn quang điện của kim loại làm catốt .

Cho $h = 6,625.10^{-34}$ Js; $C = 3.10^{8}$m/s; $e = 1,6.10^{-19}$ C; $m_e = 9,1.10^{-31}$ kg.

(ĐH CẦN THƠ - 96)

Giải vắn tắt

***1.** Tỉ số êlectrôn bứt ra và số phôtôn chiếu tới catốt :*

+ Số êlectrôn thoát ra khỏi catốt trong 1s :

$$n = \frac{i_o.t}{e} = \frac{2.10^{-3}.1}{1,6.10^{-19}} = 1,25.10^{16}$$

+ Năng lượng bức xạ điện từ chiếu tới catốt trong 1s :

$$W = P.t = 1,515 \times 1 = 1,515\ (J)$$

Năng lượng phôtôn :

$$\varepsilon = h\frac{C}{\lambda} = 6,625.10^{-34}.\frac{3.10^{8}}{0,546.10^{-6}} \approx 36,4.10^{-20}\ (J)$$

Số phôtôn chiếu tới trong 1s :

$$n' = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{1,515}{36,4.10^{-20}} \approx 4,16.10^{18}$$

+ Tỉ số : $H = \dfrac{n}{n'} = \dfrac{1,25.10^{16}}{4,16.10^{18}} \approx 0,3.10^{-2}$

$H = 0,3\%$.

***2.** Vận tốc ban đầu cực đại của êlectrôn :*

Electrôn bay vào từ trường theo phương vuông góc với từ trường $\vec{B}$ sẽ chuyển động tròn đều, trong đó lực Lorenx là lực hướng tâm :

$$F = eBV_{omax} = m_e\frac{V_{o\,max}^2}{r}$$

Với vận tốc cực đại (V_{omax}) nên r cũng có giá trị cực đại nên :

$$V_{omax} = \frac{eBr}{m_e} = \frac{1,6.10^{-19} \times 10^{-4} \times 23,32.10^{-3}}{9,1.10^{-31}}$$

$$V_{omax} \approx 4,1.10^{5}\ (m/s).$$

- *Giới hạn quang điện λ_o :*

+ $$h\frac{C}{\lambda} = A + \frac{1}{2}m_eV_{o\,max}^2$$

$$\Rightarrow \quad A = h\frac{C}{\lambda} - \frac{1}{2}m_eV_{o\,max}^2 = 6,625.10^{-34}.\frac{3.10^{8}}{0,546.10^{-6}} - \frac{1}{2}.9,1.10^{-31}(4,1.10^{5})^2$$

$$A \approx 28,75.10^{-20}\ (J).$$

+ $$\lambda_o = \frac{hC}{A} = \frac{6{,}625.10^{-34} \times 3.10^{8}}{28{,}75.10^{-20}} \approx 0{,}69.10^{-6}\ (m)$$

$$\lambda_o = 0{,}69\ (\mu m).$$

8.6. Kim loại dùng làm catốt của một tế bào quang điện có công thoát êlectrôn $A_o = 2{,}2eV$. Chiếu vào catốt một bức xạ điện từ có bước sóng λ. Muốn triệt tiêu dòng quang điện, người ta phải đặt vào anốt và catốt một hiệu thế hãm $U_h = 0{,}4V$. Tính :

1. a) Giới hạn quang điện λ_o của kim loại.

b) Vận tốc ban đầu cực đại của các êlectrôn quang điện.

2. Bước sóng và tần số của bức xạ điện từ.

Cho biết : $m_e = 9{,}1.10^{-31}kg$; $e = 1{,}6.10^{-19}$ C ; $h = 6{,}625.10^{-34}$ Js

(ĐHQG HÀ NỘI – 97)

Giải

***1. a)** Giới hạn quang điện λ_o :*

$$A_o = 2{,}2 \times 1{,}6.10^{-19} = 3{,}52.10^{-19}\ (J)$$

$$\lambda_o = \frac{hC}{A_o} = \frac{6{,}625.10^{-34} \times 3.10^{8}}{3{,}52.10^{-19}} = 5{,}6463\ ... \times 10^{-7}\ (m)$$

$$\lambda_o \approx 0{,}565\ (\mu m).$$

***b)** Vận tốc ban đầu cực đại của êlectron :*

Hiệu thế hãm U_h cho bởi :

- $$eU_h = \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2 \rightarrow V_{max} = \sqrt{2.\frac{eU_h}{m}} = \sqrt{2.\frac{1{,}6.10^{-19} \times 0{,}4}{9{,}1.10^{-31}}}$$

$$V_{max} \approx 3{,}75.10^{5}\ (m/s)$$

***2.** Bước sóng và tần số của bức xạ điện từ :*

- $$h\frac{C}{\lambda} = A_o + \frac{1}{2}mV_{o\,max}^2 = A + eU_h$$

$$= 3{,}52.10^{-19} + 1{,}6.10^{-19} \times 0{,}4 = 4{,}16.10^{-19}\ (J)$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hC}{4{,}16.10^{-19}} = \frac{6{,}625.10^{-34} \times 3.10^{8}}{4{,}16.10^{-19}}$$

$$= 4{,}7776\ ...\ 10^{-7}\ (m) \approx 4{,}78.10^{-7}\ (m)$$

$$\lambda = 0{,}478\ (\mu m).$$

- Tần số : $$f = \frac{C}{\lambda} = \frac{3.10^{8}}{4{,}78.10^{-7}} = 0{,}627615.10^{15}\ (Hz)$$

$$f \approx 6{,}28.10^{14}\ (Hz).$$

8.7. Khi chiếu lần lượt hai bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda_1 = 0,25\mu m$ và $\lambda_2 = 0,30\mu m$ vào một tấm kim loại thì vận tốc ban đầu cực đại của quang êlectrôn lần lượt $V_1 = 7,31.10^5 m/s$ và $V_2 = 4,93.10^5 m/s$. Xác định khối lượng êlectrôn và giới hạn quang điện của kim loại đó. Biết $h = 6,625.10^{-34}$ Js. $C = 3.10^8$ m/s.

(ĐHQG TP HỒ CHÍ MINH - 97)

Đáp số

$m_e \approx 9,1.10^{-31}kg$; $\lambda_0 \approx 0,36$ (μm).

8.8. Kim loại dùng làm catốt của tế bào quang điện có giới hạn quang điện λ_0.

1. Lần lượt chiếu tới bề mặt catốt bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,35\mu m$ và $\lambda_2 = 0,54\mu m$ thì thấy vận tốc ban đầu cực đại của êlectrôn bắn ra khác nhau $n = 2$ lần. Tính λ_0.

2. Nếu chiếu tới catốt ánh sáng nhìn thấy có bước sóng nằm trong khoảng $0,39\mu m$ đến $0,76\mu m$ thì phải đặt giữa anốt và catốt một hiệu thế hãm bằng bao nhiêu để dòng quang điện bằng không ?

3. Tách từ chùm êlectrôn bắn ra từ catốt lấy một êlectrôn có vận tốc $V_0 = 6.10^5 m/s$ rồi cho nó bay vào một điện trường đều giữa hai điểm A - B dọc theo đường sức với $U_{AB} = -10V$. Sau khi ra khỏi điện trường, tiếp tục cho êlectrôn bay vào một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 2.10^{-4}T$ theo phương vuông góc với đường cảm ứng từ. Tính từ lực tác dụng lên êlectrôn và bán kính quĩ đạo của nó trong từ trường.

Biết : $e = 1,6.10^{-19}C$; $m_e = 9,1.10^{-31}kg$; $C = 3.10^8 m/s$; $h = 6,625.10^{-34}$ Js.

(HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ - 97)

Giải

1. *Giới hạn quang điện λ_0 :*

+ Dựa vào công thức Anhxtanh : $h\dfrac{C}{\lambda} = A + \dfrac{1}{2}mV^2_{0\,max}$

Ta thấy : bước sóng λ bé thì giá trị V_{0max} càng lớn.

Vậy : $\lambda_1 < \lambda_2$ nên $V_{1max} > V_{2max}$ hay : $V_{1max} = 2V_{2max}$

+ Ta có :
$$\begin{cases} h\dfrac{C}{\lambda_1} = A + \dfrac{1}{2}m(2V_{2\,max})^2 & (1) \\ h\dfrac{C}{\lambda_2} = A + \dfrac{1}{2}mV^2_{2\,max} & (2) \end{cases}$$

. Nhân 2 vế của phương trình (2) cho 4 :

$$4.h\frac{C}{\lambda_2} = 4A + \frac{1}{2}m(2V_{2\,max})^2 \qquad (3)$$

(3) – (1) : $hC\left(\frac{4}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right) = 3A$

$$\Rightarrow \quad A = \frac{hC}{3} \cdot \frac{4\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 . \lambda_2} = \frac{6,625.10^{-34} \times 3.10^8}{3} \cdot \frac{(4.0,35 - 0,54)10^{-6}}{0,35.10^{-6} \times 0,54.10^{-6}}$$

$$= 30,1455 \ldots \times 10^{-20} \text{ (J)}$$

+ Giới hạn quang điện :

$$\lambda_0 = \frac{hC}{A} = \frac{6,625.10^{-34} \times 3.10^8}{30,1455.10^{-20}} = 0,6593 \ldots \times 10^{-6}$$

$$\lambda_0 \approx 0,66 \ (\mu m).$$

2. *Hiệu thế hãm để dòng quang điện bằng không :*

+ Với $\lambda > \lambda_0 = 0,66\ \mu m$, không có hiện tượng quang điện tức không có dòng quang điện nên không cần đặt hiệu thế hãm.

Ta chỉ cần đặt hiệu thế hãm U_h khi bức xạ chiếu tới có bước sóng từ $\lambda_1 = 0,39$ (μm) đến $\lambda_2 = 0,66$ (μm)

+ Từ hai biểu thức : $\begin{cases} eV_h = \frac{1}{2} mV_{o\max}^2 \\ h\frac{C}{\lambda} - A = \frac{1}{2} mV_{o\max}^2 \end{cases}$

$$\Rightarrow \quad h\frac{C}{\lambda} - A = eU_h \quad \Rightarrow \quad U_h = \frac{h\frac{C}{\lambda} - A}{e}$$

– Với $\lambda = \lambda_1$: $U_1 = \dfrac{6,625.10^{-34} . \dfrac{3.10^8}{0,39 . 10^{-6}} - 30,1455.10^{-20}}{1,6 . 10^{-19}} \approx 1,13 \text{ (V)}$

– Với $\lambda = \lambda_2$: $U_2 = \dfrac{6,625.10^{-34} . \dfrac{3.10^8}{0,659 . 10^{-6}} - 30,1455.10^{-20}}{1,6 . 10^{-19}} \approx 0$

Vậy : Với bước sóng bức xạ chiếu tới nằm trong khoảng từ 0,39μm đến 0,66μm thì ta đặt hiệu thế hãm là 1,3V, còn λ > 0,66μm thì ta không cần đặt hiệu thế hãm, dòng quang điện vẫn bằng không.

3. *Từ lực tác dụng lên êlectrôn và bán kính qui đạo :*

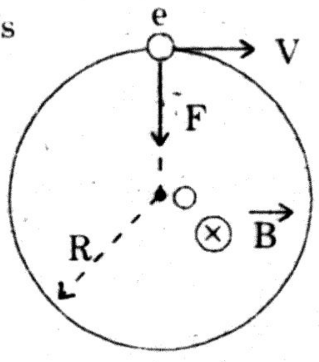
+ Electrôn bay vào điện trường đều, nó chịu một lực điện trường ngược hướng với E nên hạt thu gia tốc :

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{md} \quad \text{(với } d = AB \text{ và } U = |U_{AB}|\text{)}$$

Vận tốc tại B :

$$V^2 = V_o^2 + 2.a.d = V_o^2 + 2\frac{eV}{md}.d = V_o^2 + \frac{2eU}{m}$$

$$V = \sqrt{(6.10^5)^2 + \frac{2.1,6.10^{-19} \times 10}{9,1.10^{-31}}} \approx 1,97.10^6 \text{ m/s}$$



Hình 282

+ Khi êlectrôn đi vào từ trường nó chịu tác dụng một lực Lorenx (lực từ) có độ lớn :

$$F = eBV \sin\alpha \left(\alpha = \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= eBV = 1,6.10^{-19} \times 2.10^{-4} \times 1,97.10^6$$

$$\approx 6,3.10^{-17} \text{ (N)}$$

+ Lực từ luôn luôn vuông góc với vận tốc của hạt êlectrôn nên hạt sẽ chuyển động tròn đều trong đó lực từ $\vec{F}$ là lực hướng tâm nên :

$$F = m.\frac{V^2}{R}$$

$$\Rightarrow \quad R = \frac{mV^2}{F} = \frac{9,1.10^{-31}.(1,97.10^6)^2}{6,3.10^{-17}} \approx 5,6.10^{-2} \text{ (m)}$$

Hay $R = 5,6$ (cm).

8.9. Chiếu một chùm sóng điện từ có bước sóng $\lambda = 4.10^{-7}$m vào tấm kim loại của một bản tụ điện.

Hiệu điện thế hãm trên hai bản tụ điện phải bằng bao nhiêu để điện tử thoát ra từ kim loại bay trong khoảng chân không giữa hai bản tụ dừng ngay trên bản thứ hai.

Tính điện tích của tụ lúc đó. Diện tích mỗi bản là $S = 400\text{cm}^2$, khoảng cách giữa hai bản tụ là $d = 0,5$cm.

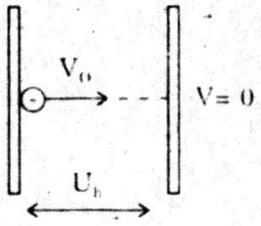
Cho biết công thoát điện tử $A = 1,4$ eV; $\varepsilon_o = 8,86.10^{-12}$ F/m

$h = 6,6.10^{-34}$ Js; $C = 3.10^8$ m/s; $e = 1,6.10^{-19}$ C.

(HỌC VIỆN NGÂN HÀNG – 98)

Giải

- *Hiệu thế hãm giữa hai bản tụ :*



Hình 283

+ Hiệu thế hãm giữa hai bản tụ điện tạo một công cản lên các êlectrôn :

$$A_c = -eU_h \qquad (1)$$

(dấu " – " vì công cản là công âm)

+ Theo định lí động năng : $A_c = \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}mV_o^2$ (2)

(1) và (2) cho : $-eU_h = \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}mV_o^2$

Để hạt dừng lại ngay trên bản thứ hai thì V = 0, ta được :

$$eU_h = 0 + \frac{1}{2}mV_o^2 \tag{3}$$

+ Mặt khác từ phương trình Anhxtanh, ta được :

$$h\frac{C}{\lambda} - A = \frac{1}{2}mV_o^2 \tag{4}$$

(3) và (4) cho : $eU_h = h\frac{C}{\lambda} - A$

$$\Rightarrow \quad U_h = \frac{h\frac{C}{\lambda} - A}{e} = \frac{6,625.10^{-34}.\frac{3.10^8}{4.10^{-7}} - 1,4 \times 1,6.10^{-19}}{1,6.10^{-19}}$$

$$= \frac{4,96875.10^{-19} - 2,24.10^{-19}}{1,6.10^{-19}} = 1,7054...(V)$$

$$U_h \approx 1,7\ (V)$$

Vậy : để êlectrôn dừng lại ngay tại bản thứ hai thì hiệu thế hãm giữa hai bản là 1,7 (V).

- *Điện tích của tụ :*

+ Điện dung của tụ phẳng là : $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_o S}{d}$

Trong đó :
- ε là hằng số điện môi = 1 (không khí)
- ε_o là hằng số điện = $8,86.10^{-12}$ F/m
- S = 400cm^2 = 4.10^{-2} m^2
- d = 0,5cm = $0,5.10^{-2}$ m

nên : $$C = \frac{1.8,86.10^{-12} \times 4.10^{-2}}{0,5.10^{-2}} = 70,88.10^{-12}\ (F)$$

+ Điện tích của tụ :

$$Q = C.U_h = 70,88.10^{-12} \times 1,7 = 120,496.10^{-12}\ (C)$$

$$Q \approx 1,205.10^{-10}\ (C).$$

8.10. Khi chiếu bức xạ có tần số $f = 2,538.10^{15}$Hz lên một kim loại dùng làm Catốt của một tế bào quang điện thì các êlectrôn bắn ra đều bị giữ lại bởi hiệu thế hãm $U_h = 8V$. Nếu chiếu đồng thời lên kim loại trên các bức xạ $\lambda_1 = 0,4\mu m$ và $\lambda_2 = 0,6\mu m$ thì hiện tượng quang điện có xảy ra hay không ?

Tính động năng ban đầu cực đại của quang êlectrôn.

Biết : $h = 6,625.10^{-34}$ Js; $C = 3.10^8$m/s; $|e| = 1,6.10^{-19}$ C

(HỌC VIỆN NGÂN HÀNG TP.HCM – 98)

Giải

+ Từ 2 phương trình :
$$\begin{cases} eU_h = \dfrac{1}{2}mV_{o\max}^2 \\ hf - A_o = \dfrac{1}{2}mV_{o\max}^2 \end{cases}$$

Suy ra : $A_o = hf - eU_h = 6,625.10^{-34} \times 2,538.10^{15} - 1,6.10^{-19} \times 8$
$= 16,81425.10^{-19} - 12,8.10^{-19} = 4,01425.10^{-19}$ (J)

+ Giới hạn quang điện :

$$\lambda_o = \frac{hC}{A_o} = \frac{6,625.10^{-34} \times 3.10^8}{4,01425.10^{-19}} = 4,9511116 \times 10^{-7} \text{ (m)}$$

$$\approx 0,495\ (\mu m).$$

+ Như vậy $\lambda_1 < \lambda_o$ và $\lambda_2 > \lambda_o$ nên chỉ có bức xạ λ_1 gây hiện tượng quang điện.

Tóm lại : Có hiện tượng quang điện xảy ra.

+ Động năng ban đầu cực đại của quang êlectrôn :

$$\frac{1}{2}mV_{o\max}^2 = h\frac{C}{\lambda_1} - A_o = 6,625.10^{-34}.\frac{3.10^8}{0,4.10^{-6}} - 4,01425.10^{-19}$$

$$= (4,96875 - 4,01425).10^{-19} = 0,9545.10^{-19} \text{ (J)}$$

Vậy : động năng ban đầu cực đại của quang êlectrôn là $9,5.10^{-19}$ (J).

8.11. Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,438\mu m$ vào catốt của tế bào quang điện. Cho $h = 6,625.10^{-34}$Js; $|e| = 1,6.10^{-19}$ C; $m_e = 9,1.10^{-31}$ kg; $C = 3.10^8$ m/s.

1. Tính vận tốc ban đầu cực đại của các quang điện tử (nếu có) khi catốt là kẽm có công thoát điện tử $A_o = 56,8.10^{-20}$J. Và khi catốt là Kali có giới hạn quang điện $\lambda_o = 0,62\mu m$ (Kết quả tính được lấy đến 3 chỉ số có nghĩa).

2. Biết cường độ dòng quang điện bão hòa $I_{bh} = 3,2$ mA.

Tính số điện tử N_e được giải phóng từ catốt trong 1 giây. Nếu cường độ chùm bức xạ tăng lên n lần thì N_e thay đổi thế nào ? Tại sao ?

(ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI – 98)

Giải

***1.** Vận tốc ban đầu cực đại của quang điện tử :*

- Giới hạn quang điện của kẽm :

$$\lambda_0 = \frac{hC}{A_0} = \frac{6{,}625.10^{-34} \times 3.10^{8}}{56{,}8.10^{-20}} = 0.3499 \ldots \times 10^{-6}\ (\text{m})$$

$$\lambda_0 \approx 0{,}35\ (\mu\text{m}).$$

Như vậy bức xạ chiếu tới có bước sóng $\lambda > \lambda_0$ nên hiện tượng quang điện không xảy ra tức không có êlectrôn quang điện bứt ra.

- Đối với kali thì $\lambda < \lambda_0$ nên hiện tượng quang điện xảy ra.

Công thức Anhxtanh :

$$h\frac{C}{\lambda} = A_0 + \frac{1}{2}mV_0^2$$

$$\frac{1}{2}mV_0^2 = h\frac{C}{\lambda} - A_0 = hC\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) = hC\frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda\lambda_0}$$

$$= 6{,}625.10^{-34} \times 3.10^{8}\,\frac{(0{,}62 - 0{,}438) \times 10^{-6}}{0{,}62 \times 0{,}438.10^{-12}} = 13{,}320.10^{-20}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{2 \times 13{,}32026.10^{-20}}{9{,}1.10^{-31}}} \approx 5{,}41.10^{5}\ (\text{m/s}).$$

***2.** Số điện tử N_e được giải phóng trong một giây :*

Điện lượng đến được anốt trong mỗi giây (đó cũng là điện lượng được giải phóng từ catốt) là :

$$q = It = 3{,}2.10^{-3} \times 1 = 3{,}2.10^{-3}\ (\text{Culông})$$

Số điện tử N_e được giải phóng trong 1s :

$$N_e = \frac{q}{|e|} = \frac{3{,}2.10^{-3}}{1{,}6.10^{-19}} = 2.10^{16}\ (\text{điện tử})$$

+ Nếu cường độ chùm bức xạ tăng lên n lần thì số điện tử được giải phóng từ catốt cũng tăng lên n lần (tức 2.10^{16} n điện tử). Vì theo định luật quang điện thứ hai thì cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ của bức xạ chiếu tới.

MẪU NGUYÊN TỬ BO VÀ QUANG PHỔ NGUYÊN TỬ HIĐRÔ

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

. *Hai tiên đề của Bo*

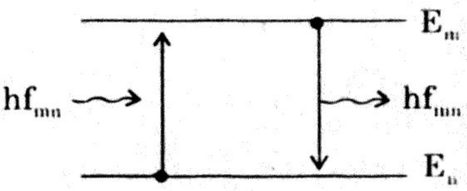
- *Tiên đề về trạng thái dừng :* Nguyên tử chỉ tồn tại trong những trạng hái có năng lượng xác định, gọi là trạng thái dừng. Trong các trạng thái lừng, nguyên tử không bức xạ.

- *Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử :*

+ Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái lừng có năng lượng E_m sang trạng thái dừng ó năng lượng E_n (với $E_m > E_n$) thì nguyên tử hát ra một phôtôn có năng lượng đúng bằng iệu $E_m - E_n$:

$$\varepsilon = hf_{mn} = E_m - E_n$$

Với f_{mn} là tần số của sóng ánh sáng đó.



Hình 284

+ Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_n hấp mà hấp thụ được một phôtôn có năng lượng hf_{mn} đúng bằng hiệu $E_m - E_n$ hì nó chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng E_m lớn hơn.

. *Các hệ quả rút ra từ hai tiên đề*

- *Năng lượng của nguyên tử hiđrô :*

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2}\ (\text{eV})$$

Với n là các số nguyên dương = 1, 2, 3, ...

- *Bán kính của quỹ đạo dừng :*

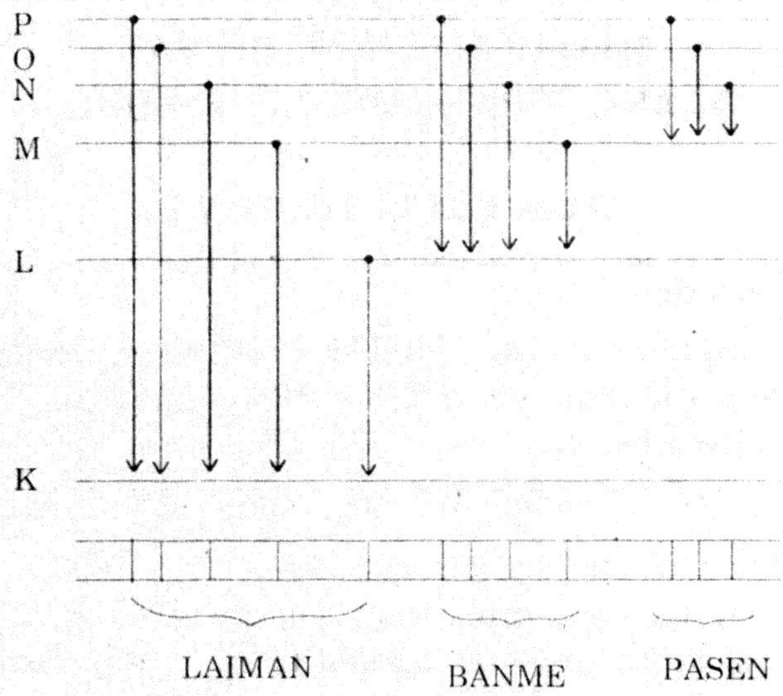
Bán kính quỹ đạo dừng thứ n là :

$$r = n^2.r_o \qquad \text{với} \qquad r_o = 5,3.10^{-11}\ (\text{m})$$

. *Quang phổ vạch của hiđrô*

Các vạch trong quang phổ phát xạ của hiđrô sắp xếp thành các dãy ách rời nhau :

- Dãy LAIMAN : nằm trong vùng tử ngoại.
- Dãy BANME : một phần nằm trong vùng tử ngoại, một phần nằm trong ùng nhìn thấy. Trong phần nhìn thấy có 4 vạch : đỏ H_α, Lam H_β, chàm H_γ và ím H_δ.
- Dãy PASEN nằm trong vùng hồng ngoại.



Hình 285

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Nguyên tử hiđrô gồm một hạt nhân và một êlectrôn quay xun quanh nó. Lực tương tác giữa hạt nhân và êlectrôn là lực Culông.

Tìm vận tốc của êlectrôn khi nó chuyển động trên quỹ đạo có bán kín $r_o = 5{,}3.10^{-11}$m (quỹ đạo K). Từ đó tìm số vòng quay của êlectrôn trong 1 đơ vị thời gian. Biết :

- Hằng số $K = 9.10^9 \dfrac{N.m^2}{C^2}$
- Khối lượng và điện tích của êlectrôn : $m_e = 9{,}1.10^{-31}$kg, $e = 1{,}6.10^{-19}$ C

Giải

+ Lực tương tác Culông giữa hạt nhân (điện tích +e) và êlectrôn (điệ tích –e) là :

$$F = K.\frac{e^2}{r^2} \qquad (1$$

+ Vì êlectrôn chuyển động tròn đều nên lực Culông là lực hướng tâm :

$$F = m\frac{V^2}{r} \qquad (2$$

(1) và (2) cho : $m\dfrac{V^2}{r} = K\dfrac{e^2}{r^2}$

$$\Rightarrow \quad V = e\sqrt{\frac{K}{mr_o}} = 1{,}6.10^{-19}\sqrt{\frac{9.10^9}{9{,}1.10^{-31}\times 5{,}3.10^{-11}}} \approx 2{,}2.10^6\ (m/s)$$

+ Vận tốc góc trong chuyển động tròn đều được tính bởi :

$$\omega = 2\pi.n = \frac{V}{r_0}$$

Trong đó n là số vòng quay của hạt êlectrôn trong 1 đơn vị thời gian (còn gọi là tần số quay).

Suy ra : $n = \frac{V}{2\pi r_0} = \frac{2,2.10^{6}}{2\pi.5,3.10^{-11}} \approx 6,6.10^{15}$ (vòng/s)

Vậy mỗi giây êlectrôn quay được $6,6.10^{15}$ vòng.

Bài tập 2. Thế năng của êlectrôn trong nguyên tử hiđrô là :

$$E_t = -\frac{Ke^2}{r} \quad \text{(r là bán kính quỹ đạo dừng thứ n)}$$

Và $r = n^2 r_0$ (với $r_0 = 5,3.10^{-11}$m)

Chứng minh rằng năng lượng của nguyên tử hiđrô ở trạng thái dừng thứ n là : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ (eV)

Cho biết : – Hằng số điện $K = 9.10^{9}\,\frac{Nm^2}{C^2}$

– Điện tích êlectrôn : $e = 1,6.10^{-19}$ C.

Giải

+ Năng lượng toàn phần của nguyên tử (cũng là của êlectrôn) bằng tổng động năng và thế năng của êlectrôn :

$$E_n = \frac{1}{2}mV^2 - K\frac{e^2}{r} \qquad (1)$$

+ Lực tương tác Culông giữa êlectrôn và hạt nhân là lực hướng tâm nên :

$$K\frac{e^2}{r^2} = m\frac{V^2}{r} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}K\frac{e^2}{r} \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $E_n = \frac{1}{2}K\frac{e^2}{r} - K\frac{e^2}{r} = -\frac{Ke^2}{2r}$

Với : $\begin{cases} K = 9,10^{9}\ N.m^2/C^2 \\ e = 1,6.10^{-19}\ C \\ r = n^2 r_0 = 5,3.10^{-11}\ n^2 \end{cases}$

Ta được : $E_n = -\frac{9.10^{9}(1,6.10^{-19})^2}{2\times 5,3.10^{-11}.n^2} = -\frac{21,74}{n^2}.10^{-19}(J)$

Với 1eV = $1,6.10^{-19}$ J nên : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ (eV).

Bài tập 3. Trong quang phổ nguyên tử Hiđrô các bước sóng λ của các vạch quang phổ như sau :

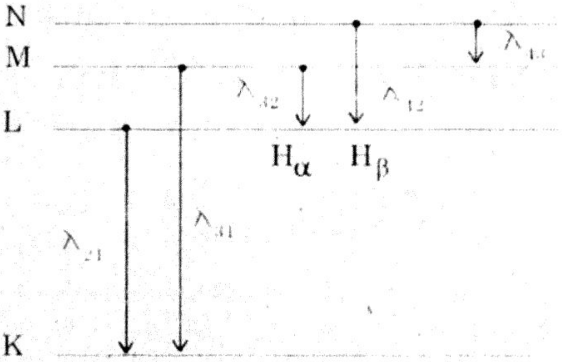
- Vạch thứ nhất của dãy Laiman là : $\lambda_{21} = 0,121568$ (μm)
- Vạch H_α của dãy Banme là : $\lambda_{32} = 0,656279$ (μm)
- Vạch thứ nhất của dãy Pasen là : $\lambda_{43} = 1,8751$ (μm)

Tính bước sóng của vạch quang phổ thứ hai của dãy Laiman và vạch H_β từ các số liệu đã cho trên.

Giải

Áp dụng công thức : $hf_{mn} = h\dfrac{C}{\lambda_{mn}} = E_m - E_n$.

+ Vạch quang phổ thứ hai trong dãy Laiman là vạch quang phổ do êlectrôn chuyển từ quỹ đạo M về quỹ đạo K có bước sóng λ_{31} nên :



Hình 286

$$h\frac{C}{\lambda_{31}} = E_3 - E_1$$

$$= (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1)$$

$$= h\frac{C}{\lambda_{32}} + h\frac{C}{\lambda_{21}}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{1}{\lambda_{32}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\text{hay} \quad \lambda_{31} = \frac{\lambda_{32}.\lambda_{21}}{\lambda_{32} + \lambda_{21}} = \frac{0,656279 \times 0,121568}{0,656279 + 0,121568}$$

$$\lambda_{31} = 0,1025684 \ (\mu m).$$

+ Vạch H_β là vạch quang phổ do êlectrôn chuyển từ quỹ đạo N về quỹ đạo L có bước sóng λ_{42} nên :

$$h\frac{C}{\lambda_{42}} = E_4 - E_2 = (E_4 - E_3) + (E_3 - E_2) = h\frac{C}{\lambda_{43}} + h\frac{C}{\lambda_{32}}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{42}} = \frac{1}{\lambda_{43}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \quad \Rightarrow \quad \lambda_{42} = \frac{\lambda_{43}.\lambda_{32}}{\lambda_{43} + \lambda_{32}} = \frac{1,8751 \times 0,656279}{1,8751 + 0,656279}$$

$$\lambda_{42} = 0,4861337 \ (\mu m).$$

Bài tập 4. Bước sóng dài nhất trong dãy Laiman là 0,1215μm, bước sóng ngắn nhất trong dãy Banme là 0,365μm.

Biết : $h = 6,625.10^{-34}$ Js; $C = 3.10^8$ m/s.

Với các số liệu trên hãy tìm năng lượng cần thiết để bứt êlectrôn ra khỏi nguyên tử của nó khi êlectrôn ở trên quỹ đạo K.

Giải

+ Bước sóng trong dãy Laiman ứng với êlectrôn chuyển từ mức năng lượng ngoài lên mức năng lượng ứng với n = 1 (λ_{n1})

$$\text{Ta có : } h\frac{.C}{\lambda_{n1}} = E_n - E_1,\ \text{với } n \geq 2 \quad \Rightarrow \quad \lambda_{n1} = \frac{hC}{E_n - E_1}$$

λ_{n1} dài nhất khi E_n bé nhất ứng với n = 2. vậy : $\lambda_{21} = 0,1215$ (μm)

+ Bước sóng trong dãy Banme ứng với êlectrôn chuyên từ mức năng lượng ngoài lên mức năng lượng ứng với n = 2 (λ_{n2}) với :

$$h\frac{C}{\lambda_{n2}} = E_n - E_2 \quad \Rightarrow \quad \lambda_{n2} = \frac{hC}{E_n - E_2}$$

λ_{n2} ngắn nhất khi E_n lớn nhất ứng với $n = \infty$, vậy : $\lambda_{\infty 2} = 0,365$ (μm).

+ Năng lượng cần thiết để bứt e ra khỏi nguyên tử khi e ở trên quỹ đạo K chính là năng lượng cần cung cấp để đưa e từ quỹ đạo K ra xa vô cùng. năng lượng đó là :

$$W = E_\infty - E_1 = (E_\infty - E_2) + (E_2 - E_1)$$

$$= h\frac{C}{\lambda_{\infty 2}} + \frac{hc}{\lambda_{21}} = hC\left(\frac{1}{\lambda_{\infty 2}} + \frac{1}{\lambda_{21}}\right)$$

$$= 6,625.10^{-34} \times 3.10^8\left(\frac{1}{0,365} + \frac{1}{0,1215}\right).\frac{1}{10^{-6}}$$

$$= 21,96.10^{-19}\ (\text{J}) = 13,7\ (\text{eV}).$$

Bài tập 5. Năng lượng iôn hóa của nguyên tử hidro là gì ? Tính năng lượng iôn hóa của nguyên tử hidrô.

Giải

– Năng lượng iôn hóa của nguyên tử hidrô là năng lượng phải cung cấp để êlectrôn chuyển từ năng lượng E_1 đến mức năng lượng $E_\infty = 0$

– Năng lượng iôn hóa :

$$W = E_\infty - E_1 = 0 - \left(-\frac{13,6}{1^2}\right) = 13,6\ (\text{eV}).$$

ĐỀ THI

8.12. Electrôn trong nguyên tử hidrô chuyển từ quỹ đạo có năng lượng $E_M = -1,5$ eV xuống quỹ đạo có năng lượng $E_L = -3,4$ eV. Hãy tính bước sóng của vạch quang phổ phát ra. Đó là vạch trong dãy nào của quang phổ phát xạ của nguyên tử hidrô ? Biết $h = 6,625.10^{-34}$ Js , $C = 3.10^8$ m/s

(ĐHQG HÀ NỘI – 97)

Giải

+ Từ tiên đề 2 về sự bức xạ, ta có :

$$h\frac{C}{\lambda_{ML}} = E_M - E_L \quad \Rightarrow \quad \lambda_{ML} = \frac{h.C}{E_M - E_L}$$

Với $E_M - E_L = -1{,}5 - (-3{,}4) = 1{,}9\ (eV) = 1{,}9 \times 1{,}6.10^{-19}\ (J)$

Vậy : $\lambda_{ML} = \dfrac{6{,}625.10^{-34} \times 3.10^8}{1{,}9 \times 1{,}6.10^{-19}} = 6{,}5378 \ldots \times 10^{-7}\ (m)$

$\lambda_{ML} \approx 0{,}654\ (\mu m)$.

+ Vạch quang phổ có được do êlectrôn chuyển từ mức năng lượng M xuống mức năng lượng L là vạch H_α nằm trong dãy Banme của nguyên tử hidrô.

8.13. Điện tử trong nguyên tử hidrô chuyển động trên các quỹ đạo tròn do lực tương tác giữa hạt nhân và điện tử là lực Culông.

a) Biết vận tốc của điện tử ở quỹ đạo thứ hai (L) là 2.10^6 m/s. Tìm vận tốc của điện tử ở quỹ đạo thứ tư (N).

b) Cho bước sóng của các vạch đỏ, lam, chàm trong quang phổ của hidrô là : $\lambda_\alpha = 0{,}6563\mu m$, $\lambda_\beta = 0{,}4861\mu m$, $\lambda_\gamma = 0{,}4340\mu m$. Tìm bước sóng của hai vạch đầu tiên trong dãy Pasen (hồng ngoại).

(ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI – 95)

Giải

a) *Vận tốc của điện tử ở quỹ đạo thứ tư :*

+ Lực tương tác giữa hạt nhân và điện tử là lực Culông nên :

$$F = 9.10^9.\frac{e^2}{r^2} \qquad (1)$$

+ Vì điện tử chuyển động tròn đều nên $\vec{F}$ là lực hướng tâm :

$$F = m.\frac{V^2}{r} \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $9.10^9.\dfrac{e^2}{r^2} = m\dfrac{V^2}{r} \quad \Rightarrow \quad V = e\sqrt{\dfrac{9.10^9}{mr}}$

Mà : $r = n^2 r_0$ nên : $V = \dfrac{e}{n}\sqrt{\dfrac{9.10^9}{mr_o}}$ (3)

+ Ở quỹ đạo thứ tư (n = 4) : (3) $\Rightarrow$ $V_4 = \dfrac{e}{4}\sqrt{\dfrac{9.10^9}{mr_o}}$

+ Ở quỹ đạo thứ hai (n = 2) : (3) ⇒ $V_2 = \frac{e}{2}\sqrt{\frac{9.10^9}{mr_0}}$

Lập tỉ số : $\frac{V_4}{V_2} = \frac{1}{2}$ ⇒ $V_4 = \frac{V_2}{2} = 10^6$ (m/s).

Vậy vận tốc của điện tử ở quỹ đạo thứ tư là 10^6 m/s.

b) *Bước sóng hai vạch đầu tiên trong dãy Pasen :*

+ Bước sóng hai vạch đầu tiên trong dãy Pasen là λ_{43} và λ_{53}.

+ Bước sóng của các vạch đỏ, lam, chàm lần lượt là :

$$\lambda_{32} = \lambda_2 = 0,6563\ \mu m$$

$$\lambda_{42} = \lambda_\beta = 0,4861\ \mu m$$

$$\lambda_{52} = \lambda\gamma = 0,4340\ \mu m$$

+ Theo tiên đề 2 của Bo thì :

$$h\frac{C}{\lambda_{42}} = E_4 - E_2 = (E_4 - E_3) + (E_3 - E_2)$$

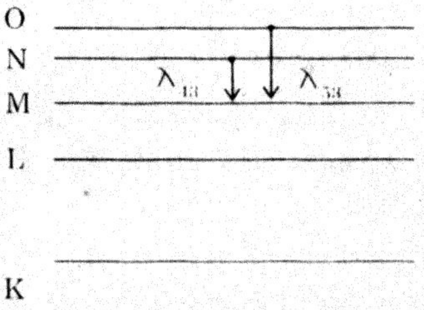
$$= h\frac{C}{\lambda_{43}} + h\frac{C}{\lambda_{32}}$$

$$\frac{1}{\lambda_{42}} = \frac{1}{\lambda_{43}} + \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{43}} = \frac{1}{\lambda_{42}} - \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$\lambda_{43} = \frac{\lambda_{32} \times \lambda_{42}}{\lambda_{32} - \lambda_{42}} = \frac{0,6563 \times 0,4861}{0,6563 - 0,4861}$$

$$\lambda_{43} \approx 1,8744\ (\mu m).$$



Hình 287

+ Và : $h\frac{C}{\lambda_{52}} = h\frac{C}{\lambda_{53}} + h\frac{C}{\lambda_{32}}$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{53}} = \frac{1}{\lambda_{52}} - \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$\lambda_{53} = \frac{\lambda_{32} \times \lambda_{52}}{\lambda_{32} - \lambda_{52}} = \frac{0,6563 \times 0,4340}{0,6563 - 0,4340}$$

$$\lambda_{53} \approx 1,2813\ (\mu m).$$

PHẦN BA

VẬT LÍ HẠT NHÂN

Chương IX

HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. Cấu tạo hạt nhân

– Hạt nhân nguyên tử được cấu tạo từ các prôtôn mang một điện tích nguyên tố dương và các nơtrôn trung hòa về điện .

– Hạt nhân của nguyên tố có nguyên tử số Z thì chứa Z prôtôn và N nơtrôn.

$$A = Z + N$$ gọi là số khối .

2. Kí hiệu hạt nhân của nguyên tố X

$$_Z^AX$$

3. Đồng vị

Các nguyên tử mà hạt nhân chứa cùng số prôtôn Z nhưng có số nơtrôn N khác nhau (do đó A = Z + N khác nhau) gọi là đồng vị :

$$_Z^AX \text{ và } _Z^{A'}X'$$

4. Các loại tia phóng xạ

Có các loại tia phóng xạ sau đây :

– Tia anpha : gồm các hạt anpha (α), đó là hạt nhân hêli $_2^4He$.

– Tia bêta :

+ Tia bêta trừ gồm các hạt β^- (đó là êlectrôn)

+ Tia bêta cộng gồm các hạt β^+ (đó là các êlectrôn dương)

– Tia gamma : là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn.

5. Định luật phóng xạ

- $N(t) = N_o.2^{-\frac{t}{T}} = N_o.e^{-\lambda.t}$
- $m(t) = m_o.2^{-\frac{t}{T}} = m_o.e^{-\lambda.t}$
- $\lambda = \dfrac{\ln 2}{T} = \dfrac{0,693}{T}$ (hằng số phóng xạ)

6. Độ phóng xạ H

- $H(t) = H_0.e^{-\lambda.t} = \lambda.N(t)$
- Đơn vị : Bq = 1 phân rã/s

  $Ci = 3,7.10^{10}$ Bq.

7. Phản ứng hạt nhân

– Phản ứng hạt nhân là tương tác giữa hai hạt nhân dẫn đến sự biến đổi của chúng thành hạt nhân khác :

$$A + B \rightarrow C + D$$

– Sự phóng xạ là một trường hợp riêng của phản ứng hạt nhân :

$$A \rightarrow B + C$$

8. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

– Bảo toàn số khối A.

– Bảo toàn điện tích (hoặc nguyên tử số Z).

– Bảo toàn năng lượng và bảo toàn động lượng của các hạt tham gia phản ứng.

9. Độ hụt khối và năng lượng liên kết

– Một hạt nhân có Z prôtôn và N nơtrôn thì tổng khối lượng của các prôtôn và nơtrôn là:

$$m_0 = Z.m_p + N.m_n$$

Nếu m là khối lượng của hạt nhân thì: $m < m_0$

– $\Delta m = m_0 - m$: Độ hụt khối

– $\Delta E = \Delta m.c^2$: năng lượng liên kết.

10. Phản ứng tỏa và thu năng lượng

Xét phản ứng (1) : Gọi : $M_0 = m_A + m_B$; $M = m_C + m_D$

- Nếu $M_0 > M$: PHẢN ỨNG TỎA NĂNG LƯỢNG
- Nếu $M_0 < M$: PHẢN ỨNG THU NĂNG LƯỢNG
- Năng lượng tỏa (hay thu) là : $\Delta E = |M_0 - M|c^2$.

BÀI TẬP

Loại I HIỆN TƯỢNG PHÓNG XẠ

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

- Số hạt nhân còn lại sau thời gian t : $N = N_o 2^{-t/T} = N_o . e^{-\lambda . t}$
- Với $\begin{cases} N_o \text{ là số hạt nhân lúc ban đầu } (t = 0) \\ \lambda = \dfrac{\ln 2}{T} = \dfrac{0,693}{T} : \text{hằng số phóng xạ} \end{cases}$
- Số hạt nhân bị phân rã trong thời gian t : $\Delta N = N_o - N$
- Độ phóng xạ H vào lúc t : $H(t) = H_o \; e^{-\lambda . t} = \lambda . N(t)$
- Khối lượng còn lại sau thời gian t : $m = m_o \; 2^{-t/T} = m_o e^{-\lambda . t}$

  Với m_o là khối lượng lúc ban đầu.
- Số nguyên tử ứng với khối lượng m : $N = \dfrac{m}{A} . N_A$

  Với: $\begin{cases} m \text{ tính bằng gam.} \\ A : \text{số khối.} \\ N_A : 6{,}02.10^{23} \text{ là số Avôgadrô.} \end{cases}$

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Rađôn $^{222}_{86}Rn$ là chất phóng xạ có chu kì bán rã là T = 3,8 ngày. Khối lượng lúc ban đầu là 2 g. Hỏi sau 18 ngày Rađôn đã bị phóng xạ bao nhiêu gam.

Giải

Bài toán liên quan đến khối lượng m nên ta dùng công thức : $m = m_o . 2^{-t/T}$

Trong đó : $\begin{cases} m_o = 2g \\ 2^{-\frac{t}{T}} = 2^{-\frac{18}{3,8}} = 2^{-5} = \dfrac{1}{2^5} = 0{,}03125 \end{cases}$

Vậy khối lượng Rađôn còn lại sau 18 ngày là :

$$m = 2 \times 0{,}03125 = 0{,}0625 \text{ (g)}$$

Suy ra khối lượng Rađôn đã bị phóng xạ :

$$\Delta m = m_o - m = 1{,}9375 \text{ (g)}$$

Bài tập 2. Poloni $^{210}_{84}Po$ là chất phóng xạ có chu kì bán rã là 138 ngày. Khối lượng ban đầu là 10g. Tính :

a) Số nguyên tử Poloni có ban đầu.

b) Số nguyên tử Poloni còn lại sau 69 ngày.

Giải

a) *Số nguyên tử Poloni có ban đầu:*

+ Số mol Poloni có lúc ban đầu : $\frac{m_0}{A} = \frac{10}{210} = \frac{1}{21}$ (mol)

+ Mỗi mol có $N_A = 6,02.10^{23}$ nguyên tử nên số nguyên tử Poloni có lúc ban đầu là :

$$N_0 = \frac{1}{21} \times 6.02.10^{23} \approx 2,87.10^{22} \text{ (nguyên tử)}$$

b) *Số nguyên tử Poloni còn lại :*

$$N = N_0.2^{t/T} \qquad \text{với} \qquad 2^{t/T} = 2^{\frac{69}{138}} = 2^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2^{1/2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Vậy $N = N_0.\frac{1}{\sqrt{2}} = 2,87.10^{22}.\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 2,03.10^{22}$.

Vậy sau 69 ngày số nguyên tử Pôlôni còn lại là $2,03.10^{22}$.

Bài tập 3. Chu kì bán rã của U_{235} là $T = 7,13.10^8$ năm. Tính số nguyên tử bị phân rã trong 1 năm từ 1g U_{235}

Biết $x << 1$ thì $e^{-x} \approx 1 - x$.

Giải

+ Số nguyên tử còn lại : $N = N_0.e^{-\lambda t}$

+ Số nguyên tử bị phân rã : $\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0.e^{-\lambda t} = N_0(1 - e^{-\lambda t})$

Với : • $N_0 = \frac{m_0}{A}N_A = \frac{1}{235} \times 6,02.10^{23} = 25,617.10^{20}$ (nguyên tử)

• $\lambda.t = \frac{0,693}{T}.t = \frac{0,693}{7,13.10^8}.1$

$\approx 0,0972.10^{-8} << 1$ nên theo công thức gần đúng, ta được :

$e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$, do đó :

(1) cho $\Delta N = N_0(1 - 1 + \lambda t) = N_0.\lambda t = 25,617.10^{20} \times 0,0972.10^{-8}$

$\Delta N \approx 2,49.10^{12}$ (nguyên tử).

Bài tập 4. Một chất phóng xạ lúc đầu có $7,07.10^{20}$ nguyên tử. Tính độ phóng xạ của chất phóng xạ này sau 1,5 T (T là chu kì bán rã bằng 8 ngày) theo đơn vị Becơren (Bq) và Curi (Ci).

Giải

+ Số hạt nhân nguyên tử sau t = 1,5T : $N = N_0.2^{-t/T} = N_0.2^{-1,5}$

Với $2^{-1,5} = \frac{1}{2^{1,5}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$ nên :

$$N = \frac{N_0}{2\sqrt{2}} = \frac{7{,}07.10^{20}}{2\sqrt{2}} = 2{,}5.10^{20} \text{ (nguyên tử)}$$

+ Độ phóng xạ :

$$H(t) = \lambda.N(t) = \frac{0{,}693}{T}.N = \frac{0{,}693}{8 \times 24 \times 3.600} . 2{,}5.10^{20}$$

$$= 2{,}506 \times 10^{14} \text{ (Bq)}$$ (Chú ý : đơn vị của T là giây)

Và $1Bq = \frac{1}{3{,}7.10^{10}}$ Ci nên :

$$H(t) = 2{,}506.10^{14} \times \frac{1}{3{,}7.10^{10}} \approx 6{,}77.10^{3} \text{ (Ci)}.$$

ĐỀ THI

9.1. Chu kì bán rã của U238 là $4{,}5.10^9$ năm.

1. Tính số nguyên tử bị phân rã trong 1 năm của 1g U238.

2. Hiện nay trong quặng Urani thiên nhiên có lẫn U238 và U235 theo tỉ lệ số nguyên tử là 140 : 1. Giả thiết ở thời điểm tạo thành trái đất tỉ lệ trên là 1 : 1, hãy tính tuổi trái đất, biết chu kì bán rã của U235 là $7{,}13.10^8$ năm.

Chú thích : + Với $x << 1$ có thể coi $e^{-x} \approx 1 - x$

+ $lnx = 2{,}3\, lgx$ và $lg\, 14 = 1{,}1461$

(ĐH BÁCH KHOA ĐÀ NẴNG – 95)

Giải

1. *Số nguyên tử bị phân rã trong một năm :*

+ Số nguyên tử còn lại sau t = 1 năm :

$$N = N_0 e^{\lambda.t}$$

+ Số nguyên tử bị phân rã trong 1 năm :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0 e^{\lambda t} = N_0 (1 - e^{\lambda t}) \quad (1)$$

Với : • $N_0 = \frac{m}{A} N_A = \frac{1}{238} .6{,}02.10^{23}$ (nguyên tử)

• $\lambda t = \frac{0{,}693}{T}.t = \frac{0{,}693}{4{,}5.10^9} \times 1 << 1$

nên ta có : $e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$

(1) cho : $\Delta N = N_0 (1 - 1 + \lambda t) = N_0.\lambda t$

$$= \frac{1}{238}.6{,}02.10^{23}.\frac{0{,}693}{4{,}5.10^9} = 0{,}0038952.10^{14}$$

$\Delta N \approx 3{,}9.10^{11}$ (nguyên tử).

2. *Tuổi Trái Đất :*

+ Số hạt nhân U238 và U235 hiện nay : $N_{238} = N_0.e^{-\lambda_{238}.t}$

$$N_{235} = N_0.e^{-\lambda_{235}.t}$$

+ Lập tỉ số : $\dfrac{N_{238}}{N_{235}} = \dfrac{e^{-\lambda_{238}t}}{e^{-\lambda_{235}t}} = e^{(\lambda_{235} - \lambda_{238})t}$ (2)

Với • $\dfrac{N_{238}}{N_{235}} = \dfrac{140}{1}$

• $\lambda_{235} - \lambda_{238} = \dfrac{0,693}{T_{235}} - \dfrac{0,693}{T_{238}} = 0,693.\dfrac{T_{238} - T_{235}}{T_{238}.T_{235}}$

$$= 0,693\,\frac{(45 - 7,13).10^8}{45.7,13.10^{16}} = \frac{26,2439}{320,85}.10^{-8}$$

(2) cho : $140 = e^{\frac{26,2439}{320,85}.10^{-8}.t}$

Lấy Lôgarit Nêpe 2 vế : $ln\,(140) = \dfrac{26,2439}{320,85}.10^{-8}.t$ (3)

Với $ln(140) = 2,3\ \lg 140 = 2,3\ [lg\ 14 + lg\ 10]$

$= 2,3\ [1,1461 + 1] = 4,93603$

(3) cho : $4,93603 = \dfrac{26,2439}{320,85}10^{-8}.t \Rightarrow t = 60,346411.10^8$

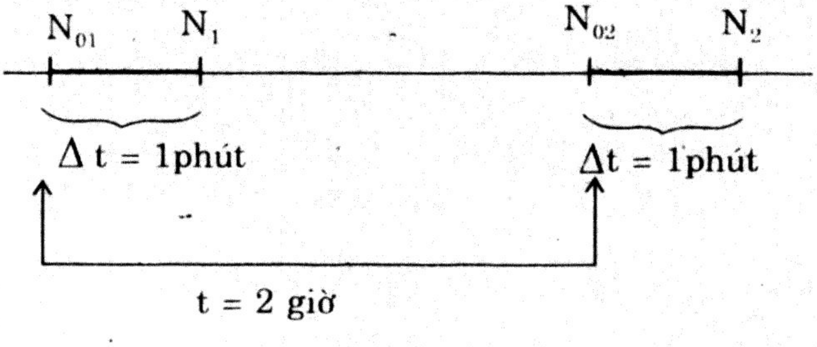
$t \approx 6,035.10^9$ (năm).

9.2. Nhờ máy đếm xung người ta biết được thông tin sau đây về một chất phóng xạ. Ban đầu trong thời gian 1 phút có 360 nguyên tử của chất bị rã (phóng xạ), nhưng 2 giờ sau (kể từ thời điểm ban đầu) thì trong 1 phút chỉ có 90 nguyên tử bị rã. Hãy xác định chu kỳ bán rã của chất phóng xạ

(ĐH QG TP. HỒ CHÍ MINH - 97)

Giải

Để dễ hình dung quá trình phóng xạ ta có hình vẽ như sau :



Hình 288

+ Số nguyên tử bị phân rã trong 1 phút đầu là : $N_{01} - N_1 = 360$

trong đó N_{01} và N_1 là số hạt nhân có trước và sau 1 phút đầu với

$$N_1 = N_{01} e^{-\lambda.\Delta t} \quad \text{nên} \quad N_{01}(1 - e^{-\lambda.\Delta t}) = 360 \qquad (1)$$

+ Tương tự số nguyên tử bị phân rã trong 1 phút sau :

$$N_{02} - N_2 = 90$$

Với $N_2 = N_{02} e^{-\lambda.\Delta t}$ nên : $N_{02}(1 - e^{-\lambda.\Delta t}) = 90$ (2)

Lập tỉ số giữa (2) và (3) ta được : $\dfrac{N_{01}}{N_{02}} = 4$ (3)

Mà N_{01} và N_{02} là số hạt nhân có trước và sau trong thời gian t = 2 giờ

với : $N_{02} = N_{01} e^{-\lambda.t} \rightarrow \dfrac{N_{01}}{N_{02}} = e^{\lambda t}$ (4)

(3) và (4) cho : $e^{\lambda.t} = 4$

Lấy Lôgarit Nêpe 2 vế : $\lambda t = \ln 4$

$$\frac{\ln 2}{T} t = \ln 2^2 = 2\ln 2 \quad \rightarrow \quad T = \frac{t}{2} = 1 \text{ (giờ)}$$

Vậy chu kì bán rã của chất phóng xạ là 1 giờ.

9.3. $^{60}_{27}Co$ là chất phóng xạ β^- có chu kì bán rã là T = 5,33 năm. Lúc đầu có 100g côban, tính số nguyên tử côban còn lại và độ phóng xạ của mẫu chất trên sau hai chu kì bán rã. Cho số Avôgadrô $N_A = 6{,}023.10^{23}$ nguyên tử/mol.

(HỌC VIỆN KĨ THUẬT QUÂN SỰ – 97)

Giải

+ Khối lượng côban còn lại sau thời gian t : $m = m_o . 2^{-t/T}$

Với t = 2T : $m = m_o . 2^{-2} = \dfrac{m_o}{2^2} = \dfrac{m_o}{4} = \dfrac{100}{4} = 25$ (gam)

+ Số nguyên tử côban còn lại :

$$N = \frac{m}{A}.N_A = \frac{25}{60}.6{,}023.10^{23} = 25.095833.10^{22}$$

$$N \approx 2{,}51.10^{23} \text{ (nguyên tử)}$$

+ Độ phóng xạ : $H = \lambda.N$

Với : $\lambda = \dfrac{0{,}693}{T}$ (T tính bằng giây)

$$= \frac{0{,}693}{5{,}33 \times 12 \times 30 \times 24 \times 3600} = \frac{0{,}693}{165784{,}32}$$

Nên $H = \dfrac{0{,}693}{165784{,}32}.2{,}51.10^{23} = 0{,}0000104 \times 10^{20}$

$$\approx 1{,}04 \times 10^{15} \text{ (Bq)}.$$

Loại II

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN
PHẢN ỨNG THU VÀ TỎA NĂNG LƯỢNG

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

1. Phản ứng hạt nhân

– Phản ứng hạt nhân là sự tương tác giữa hai hạt nhân dẫn đến sự biến đổi của chúng thành hạt nhân khác :

$$^{A_1}_{Z_1}A + ^{A_2}_{Z_2}B \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}C + ^{A_4}_{Z_4}D$$

– Sự phóng xạ là một trường hợp đặc biệt của phản ứng hạt nhân :

$$^{A_1}_{Z_1}A \rightarrow ^{A_2}_{Z_2}B + ^{A_3}_{Z_3}C$$

$$\begin{cases} \text{A là hạt nhân mẹ} \\ \text{B là hạt nhân con} \\ \text{C là hạt } \alpha, \beta \text{ hay } \gamma \end{cases}$$

2. Định luật bảo toàn số khối và điện tích

a) *Bảo toàn số khối (hay số nuclôn) :* $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

b) *Bảo toàn điện tích (hay nguyên tử số) :* $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

Chú ý : không có định luật bảo toàn khối lượng.

Hai định luật bảo toàn trên thường để dùng viết đầy đủ phản ứng.

3. Năng lượng tỏa hay thu của phản ứng hạt nhân

Gọi M_0 là tổng khối lượng của 2 hạt nhân A và B.

M là tổng khối lượng của 2 hạt nhân C và D.

- Nếu $M_0 > M$: PHẢN ỨNG TỎA năng lượng
- Nếu $M_0 < M$: PHẢN ỨNG THU năng lượng.
- Năng lượng tỏa (hay thu) : $\Delta E = |M_0 - M|C^2$.

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Cho các phản ứng hạt nhân : $^{23}_{11}Na + p \rightarrow X + ^{20}_{10}Ne$ (1)

$\alpha + X \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$ (2)

Viết đầy đủ các phản ứng đó, cho biết tên gọi, số khối và số thứ tự của các hạt nhân X trong 2 phản ứng trên.

Giải

a) *Phản ứng (1) :*

Gọi A và Z là số khối và nguyên tử số của hạt nhân X, phản ứng (1) được viết :

$${}^{23}_{11}Na + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{20}_{10}Ne \qquad \text{(p chính là hạt prôtôn : } {}^{1}_{1}H\text{)}$$

+ Theo định luật bảo toàn số khối :

$$23 + 1 = A + 20 \quad \Rightarrow \quad A = 4$$

+ Theo định luật bảo toàn nguyên tử số :

$$11 + 1 = Z + 10 \quad \Rightarrow \quad Z = 2$$

Hạt nhân X có A = 4 và Z = 2, đó chính là hạt nhân của hêli ${}^{4}_{2}He$ hay hạt anpha (α).

Phản ứng đầy đủ : ${}^{23}_{11}Na + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{20}_{10}Ne$

b) *Phản ứng (2) :* ${}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$

+ Bảo toàn số khối : $4 + A = 30 + 1 \Rightarrow A = 27$

+ Bảo toàn nguyên tử số : $2 + Z = 15 + 0 \Rightarrow Z = 13$

X là hạt nhân có A = 27, Z = 13; đó là hạt nhân Al (nhôm).

Phản ứng đầy đủ : ${}^{4}_{2}He + {}^{27}_{13}Al \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$

Bài tập 2. Phản ứng hạt nhân sau đây tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng :

$${}^{37}_{17}Cl + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{37}_{18}Ar$$

Biết khối lượng các hạt nhân : ${}^{37}_{17}Cl = 36{,}956563u$; ${}^{1}_{1}H = 1{,}007276u$; ${}^{1}_{0}n = 1{,}008670u$; ${}^{37}_{18}Ar = 36{,}956889u$; $1u = 1{,}66055.10^{-27}kg = 934\ MeV/c^2$

Giải

+ $M_o = m_{Cl} + m_H = 36{,}956563u + 1{,}007276u = 37{,}963839u$

$M = m_n + m_{Ar} = 1{,}008670u + 36{,}956889u = 37{,}965559u$

Có : $M_o < M$: Vậy PHẢN ỨNG THU năng lượng.

+ Năng lượng thu :

$$\Delta E = |M_o - M|c^2 = |37{,}963839u - 37{,}965559u| \times c^2$$

$$= 0{,}00172.u.c^2 = 0{,}00172.934\ \frac{MeV}{c^2} \times c^2$$

$$= 0{,}00172 \times 934\ MeV = 1{,}60648\ (MeV).$$

Bài tập 3. Cho phản ứng hạt nhân : ${}^{3}_{1}T + X \rightarrow {}^{4}_{2}He + n + 17{,}6\ MeV$

a) Xác định hạt nhân X.

b) Tính năng lượng tỏa ra từ phản ứng trên khi tổng hợp được 1gam hêli. Cho biết $N_A = 6{,}02.10^{23}$ phân tử/mol.

Giải .

a) *Hạt nhân x :* $^{3}_{1}T + ^{A}_{Z}X \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

Bảo toàn số khối : $3 + A = 4 + 1 \Rightarrow A = 2$

Bảo toàn nguyên tử số : $1 + Z = 2 + 0 \Rightarrow Z = 1$

Vậy x là hạt Dơteri : $^{2}_{1}D$

Phản ứng đầy đủ là : $^{3}_{1}T + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

b) *Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 1g hêli :*

Số nguyên tử có trong 1g hêli :

$$N = \frac{m}{A}.N_A = \frac{1}{4} \times 6{,}02.10^{23} = 1{,}505.10^{23} \text{ (nguyên tử)}$$

Theo phản ứng đã cho, ta thấy cứ tổng hợp được 1 hạt nhân hêli thì năng lượng tỏa ra là 17,6 MeV, vậy để tổng hợp được 1g hêli tức tổng hợp được N hạt nhân hêli thì năng lượng tỏa ra là :

$$E = 17{,}6 \times 1{,}505.10^{23} \text{ MeV} = 26{,}488.10^{23} \text{ (MeV)}$$

Mà : $1eV = 1{,}6.10^{-19}J$

$1MeV = 1{,}6.10^{-19} \times 10^{6} = 1{,}6.10^{-13}J$

Nên : $E = (26{,}488.10^{23}) \times 1{,}6.10^{-13}J = 42{,}3808.10^{10}$ (J)

$E \approx 42{,}4 \times 10^{7}$ (KJ).

ĐỀ THI

9.4. Hạt nhân $^{14}_{6}C$ là một chất phóng xạ, nó phóng ra tia β^- có chu kì bán rã là 5.600 năm.

1. Viết phương trình của phản ứng phân rã.

2. Sau bao lâu lượng chất phóng xạ của một mẫu chỉ còn bằng 1/8 lượng chất phóng xạ ban đầu của mẫu đó.

3. Trong cây cối có chất phóng xạ $^{14}_{6}C$. Độ phóng xạ của một mẫu gỗ tươi và một mẫu gỗ cổ đại đã chết cùng khối lượng lần lượt là 0,255 Bq và 0,215 Bq. Xác định xem mẫu gỗ cổ đại đã chết bao lâu ?

Cho biết $ln(1{,}186) = 0{,}1706$.

(ĐH AN NINH CẢNH SÁT – 96)

Giải

1. *Phương trình của phản ứng phân rã :*

Gọi $^{A}_{Z}X$ là hạt nhân con trong quá trình phóng xạ của $^{14}_{6}C$, ta có :

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{A}_{Z}X$$

Định luật bảo toàn số khối cho : $14 = 0 + A \Rightarrow A = 14$

Định luật bảo toàn nguyên tử số cho : $6 = -1 + Z \Rightarrow Z = 7$

X chính là hạt nhân Nitơ $\left(^{14}_{7}N\right)$

Vậy : $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{14}_{7}N$

2. *Thời gian phóng xạ :*

Khối lượng chất phóng xạ còn lại sau thời gian t :

$$M = m_0 2^{-t/T} \Rightarrow 2^{t/T} = \frac{m_0}{m} = 8 = 2^3 \Rightarrow \frac{t}{T} = 3$$

$$\Rightarrow t = 3T = 3 \times 5600 = 16800 \text{ (năm)}.$$

Vậy sau thời gian 16800 năm thì lượng chất phóng xạ chỉ còn bằng 1/8 lúc đầu.

3. *Thời gian chết của mẫu gỗ cổ đại :*

Độ phóng xạ của mẫu gỗ tươi cùng khối lượng với mẫu gỗ cổ đại chính là độ phóng xạ ban đầu của mẫu gỗ cổ đại :

$$H_0 = 0{,}255 \text{ Bq}.$$

Độ phóng xạ bây giờ của mẫu gỗ cổ đại là :

$$H = H_0.e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{\lambda t} = \frac{H_0}{H} = \frac{0{,}255}{0{,}215} = 1{,}1860465$$

Lấy Lôgarit Nêpe ở 2 vế :

$$\lambda t = ln\,(1{,}1860465) \approx ln\,(1{,}186) = 0{,}1706$$

$$\text{hay : } \frac{0{,}693}{T}\,t = 0{,}1706 \Rightarrow t = \frac{0{,}1706 \times T}{0{,}693} = \frac{0{,}1706 \times 5600}{0{,}693}$$

$$= 1378{,}5858 \approx 1378{,}6 \text{ (năm)}$$

Vậy tuổi của mẫu gỗ cổ đại là 1378,6 (năm).

9.5. Urani 238 phân rã thành Thôri theo chuỗi phóng xạ sau :

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha} Th \xrightarrow{\beta} Pa \xrightarrow{\beta} U \xrightarrow{\alpha} Th.$$

a) Viết đầy đủ chuỗi phóng xạ trên (ghi thêm Z, A của các hạt nhân).

b) Chuỗi phóng xạ trên còn tiếp tục cho đến khi hạt nhân con là đồng v bền Pb 206. Hỏi $^{238}_{92}U$ biến thành $^{206}_{82}Pb$ sau bao nhiêu phóng xạ α và β .

(ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI - 96

Giải

a) *Viết đầy đủ chuỗi phóng xạ :*

Nhắc lại rằng :

+ Phóng xạ α sẽ làm số khối A của hạt nhân con giảm đi 4 đơn vị so vớ hạt nhân mẹ và nguyên tử số Z giảm đi 2.

+ Phóng xạ β^- không làm thay đổi số khối A của hạt nhân con so với hạt nhân mẹ, còn nguyên tử số Z tăng lên 1.

Vậy chuỗi phóng xạ được viết đầy đủ như sau :

$${}^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{\beta^-} {}^{234}_{91}Pa \xrightarrow{\beta^-} {}^{234}_{92}U \xrightarrow{\alpha} {}^{230}_{90}Th$$

b) *Số phóng xạ α và β^- :*

Gọi x là số phóng xạ α; y là số phóng xạ β^-

+ Từ ${}^{238}_{92}U$ biến thành ${}^{206}_{82}Pb$, số khối A đã giảm : 238 − 206 = 32 đơn vị

Độ giảm này do x phóng xạ α gây ra (còn phóng xạ β^- không làm thay đổi số khối) Vậy : $4.x = 32 \quad \rightarrow \quad x = 8$

+ Trong biến đổi trên nguyên tử số Z đã giảm đi : 92 − 82 = 10. Độ giảm này gồm có độ giảm do x phóng xạ α gây ra và độ tăng do y phóng xạ β^- gây nên.

Ta qui ước dấu (−) cho giảm và dấu (+) cho tăng thì :

$$-2x + y = -10$$

$$-2 \times 8 + y = -10 \quad \Rightarrow \quad y = 6$$

Tóm lại có 8 phóng xạ α và 6 phóng xạ β^-.

9.6. Cho phản ứng hạt nhân : ${}^2_1D + {}^3_1T \rightarrow {}^4_2He + {}^A_ZX + E_1$ (tỏa)

a) Xác định hạt nhân X.

b) Tính độ hụt khối ΔM và năng lượng E_1 tỏa ra trong phản ứng; biết : $m_D = 2{,}0136u$; $m_T = 3{,}0155u$; $m_{He} = 4{,}0015u$; $m_X = 1{,}0087u$; $uc^2 = 931$ MeV.

(ĐH DÂN LẬP ĐÔNG ĐÔ − 96)

Giải

a) *Hạt nhân x :*

- Bảo toàn số khối : $2 + 3 = 4 + A \rightarrow A = 1$
- Bảo toàn nguyên tử số : $1 + 1 = 2 + Z \rightarrow Z = 0$

Vậy X là hạt nơtrôn (${}^1_0n$).

b) *Độ hụt khối ΔM và năng lượng E_1 :*

- $M_o = m_D + m_T = 2{,}0136u + 3{,}0155u = 5{,}0291u$
- $M = m_{He} + m_X = 4{,}0015u + 1{,}0087u = 5{,}0102u$
- $M_o > M$ nên độ hụt khối là :

$$\Delta M = M_o - M = 5{,}0291u - 5{,}0102u = 0{,}0189u$$

- Năng lượng tỏa ra :

$E_1 = \Delta M \times c^2 = 0{,}0189u.c^2 = 0{,}0189 \times 931\ (MeV) = 17{,}5959\ (MeV)$

$E_1 \approx 17{,}6\ (MeV)$.

9.7. Cho phản ứng : $^{2}_{1}H + X \rightarrow ^{4}_{2}He + n + 17{,}6\ MeV$

a) Viết đầy đủ phương trình phản ứng. Chỉ rõ hạt nhân X.

b) Tính năng lượng tỏa ra từ phản ứng trên, khi tổng hợp được 1,5 gam hêli. Cho biết $N_A = 6{,}022.10^{23}\ mol^{-1}$

(ĐHQG HÀ NỘI – 97)

Đáp số

a) $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + 17{,}6\ (MeV)$.

b) $\Delta E = 39{,}7452.10^{23}\ MeV \approx 63{,}6.10^{10}J$.

9.8 **a)** Xác định hạt nhân X trong các phản ứng sau :

$$^{4}_{2}He + X \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

$$^{25}_{12}Mg + X \rightarrow ^{22}_{11}Na + \alpha$$

b) Cho hai hạt nhân $^{20}_{10}Ne$ và $^{4}_{2}He$ Lần lượt có khối lượng là 19,986950u và 4,001506u. Biết $m_p = 1{,}007276u$; $m_n = 1{,}008665u$; $u = 931{,}5\ \dfrac{MeV}{c^2}$

Hỏi hạt nhân nào bền vững hơn ?

(ĐH HÀNG HẢI – 97)

Giải

a) *Xác định hạt nhân X :*

- $^{4}_{2}He + ^{A}_{Z}X \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$

Có $\begin{cases} 4 + A = 17 + 1 \rightarrow A = 14 \\ 2 + Z = 8 + 1 \rightarrow Z = 7 \end{cases}$ Vậy X là hạt nhân Nitơ $\left(^{14}_{7}N\right)$.

- $^{25}_{12}Mg + ^{A}_{Z}X \rightarrow ^{22}_{11}Na + ^{4}_{2}He$

Có $\begin{cases} 25 + A = 22 + 4 \rightarrow A = 1 \\ 12 + Z = 11 + 2 \rightarrow Z = 1 \end{cases}$ Vậy X là hạt prôtôn $\left(^{1}_{1}H\right)$.

b) *So sánh độ bền vững của hai hạt nhân :*

- Xét $^{20}_{10}Ne$:

$$m = Z.m_p + (A - Z)\ m_n$$
$$= 10 \times 1{,}007276u + (20 - 10) \times 1{,}008665u = 20.15941u$$

Độ hụt khối : $\Delta m_{Ne} = m - m_o = 20,15941u - 19,986950u = 0,17246u$

- Xét $^{4}_{2}He$:

$$m = Z.m_p + (A - Z)\,m_n$$
$$= 2 \times 1,007276u + (4 - 2).\,1,008665u = 4,031882u$$

Độ hụt khối : $\Delta m_{He} = m - m_o = 4,031882u - 4,001506u = 0,030376u.$

Ta có : $\Delta m_{Ne} > \Delta m_{He}$

Hạt nhân nào có độ hụt khối lớn tức năng lượng liên kết lớn thì càng bền vững hơn, vậy hạt nhân $^{20}_{10}Ne$ bền hơn $^{4}_{2}He$.

9.9. Đồng vị $^{23}_{11}Na$ là một chất phóng xạ β^- có chu kì bán rã T = 15 giờ.

a) Hãy viết đầy đủ phương trình phản ứng và cho biết hạt nhân con hình thành sau phản ứng là hạt nhân gì ?

b) Một mẫu $^{23}_{11}Na$ ở thời điểm t = 0 có khối lượng $m_o = 2,4$ g. Sau một khoảng thời gian t, khối lượng của mẫu chất chỉ còn m = 0,3 g. Tính số hạt β^- được sinh ra và hãy tính khoảng thời gian t đó.

Cho $N_A = 6,023.10^{23}$ (1/mol).

(ĐH CẦN THƠ - 98)

Giải

1. *Phương trình phản ứng :* $^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{A}_{Z}X$

Hai định luật bảo toàn cho : $\begin{cases} 23 = 0 + A & \rightarrow \quad A = 23 \\ 11 = -1 + Z & \rightarrow \quad Z = 12 \end{cases}$

Vậy X là hạt nhân của Magiê $\left(^{23}_{12}Mg\right)$

Phản ứng : $^{23}_{11}Na \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{23}_{12}Mg$

2. *Số hạt β được sinh ra và thời gian t :*

+ Độ giảm khối lượng : $\Delta m = m_o - m = 2,4 - 0,3 = 2,1$ (g)

+ Số hạt nhân bị phân rã :

$$\Delta m = \frac{\Delta m}{A}.\,N_A = \frac{2,1}{23}.\,6,023.10^{23} = 0,549926.10^{23}$$

$$\approx 5,5.10^{22} \text{ (hạt nhân } ^{23}_{11}Na \text{ bị phân rã)}$$

+ Theo phản ứng, ta thấy cứ một hạt $^{23}_{11}Na$ bị phân rã thì có một hạt β^- sinh ra, vậy : Số hạt β^- sinh ra là $5,5.10^{22}$

+ Định luật phóng xạ :

$$m = m_o.\,2^{-t/T} \quad \Rightarrow \quad 2^{t/T} = \frac{m_o}{m} = \frac{2,4}{0,3} = 8 = 2^3$$

$$\Rightarrow \quad \frac{t}{T} = 3 \quad \Rightarrow \quad t = 3T = 3 \times 15 = 45 \text{ (giờ)}$$

Vậy thời gian phân rã là 45 giờ.

9.10. Cho phản ứng hạch Uran 235.

$${}_0^1n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_Z^{144}Ba + {}_{36}^{A}Kr + 3\left({}_0^1n\right) + 200\text{MeV}$$

1. Xác định các số Z và A trong phương trình phản ứng.

2. Tính năng lượng E tỏa ra khi phân hạch hết 1 tấn Uran 235 theo đơn vị Jun (J). Nếu 20% năng lượng này biến thành điện năng A thì A bằng bao nhiêu kilôoát - giờ (kwh) ?

3. Tính độ hụt khối ΔM của phản ứng theo đơn vị u, biết $uc^2 = 931$ MeV.

(ĐH DÂN LẬP ĐÔNG ĐÔ - 98)

Giải

1. *A và Z trong phản ứng :*

$$\text{Có} \begin{cases} 1 + 235 = 144 + A + 3 \rightarrow A = 89 \\ 0 + \ \ 92 = Z + 36 + 0 \rightarrow Z = 56 \end{cases}$$

2. *Năng lượng E tỏa ra :*

Số hạt nhân U 235 có trong m = 1 tấn = 10^6 g :

$$N = \frac{m}{A}.N_A = \frac{10^6}{235} \times 6{,}023.10^{23} = 2{,}56297.10^{27}$$

Cứ mỗi hạt nhân U 235 bị phân hạch thì tỏa ra năng lượng 200MeV. Vậy năng lượng tỏa ra khi 1 tấn bị phân hạch là :

$$E = 2{,}56297.10^{27} \times 200 = 5{,}12594 .10^{29} \text{ (MeV)}$$

Mà : $1 \text{ MeV} = 10^6\text{eV} = 10^6 \times 1{,}6.10^{-19}\text{J} = 1{,}6.10^{-13}\text{J}$

Nên : $E = 5{,}12594 . 10^{29} \times 1{,}6.10^{-13} \approx 8{,}201504 \times 10^{16} \text{ (J)}$

Vậy : năng lượng tỏa ra của 1 tấn U 235 bị phân hạch là :

$$E = 8{,}2.10^{16} \text{ (Jun)}$$

+ Năng lượng biến thành điện năng là :

$$A = \frac{20}{100} \times E = \frac{20}{100} \times 8{,}2.10^{16} = 1{,}64 . 10^{16} \text{ (J)}$$

Mà : $1 \text{ kwh} = 3{,}6.10^6$ Jun

nên : $A = \dfrac{1{,}64.10^{16}}{3{,}6.10^6} = 0{,}45555...10^{10} \text{ (kwh)}$ hay $A \approx 4{,}56.10^9$ (kwh).

3. *Độ hụt khối ΔM theo u :*

Gọi M_o và M là khối lượng của các hạt nhân trước và sau phản ứng thì ăng lượng tỏa ra là : $\Delta E = (M_0 - M)\,c^2$

Với $(M_0 - M)$ chính là độ hụt khối ΔM của phản ứng nên :

$$\Delta E = \Delta M.c^2 \Rightarrow \quad \Delta M = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{200MeV}{c^2} = 200.\frac{MeV}{c^2} \qquad (1)$$

Theo đề : $uc^2 = 931$ MeV $\Rightarrow \quad \frac{Mev}{c^2} = \frac{u}{931}$

và thay vào (1) ta được : $\Delta M = 200.\frac{u}{931} = 0,2148227u$

$$\Delta M \approx 0,2148u.$$

.11. Chất phóng xạ pôlôni (Po) phát ra tia phóng xạ α và biến thành chì $\left({}^{206}_{82}Pb\right)$.

a) Viết phương trình của phản ứng phân rã và xác định số khối và số iệu nguyên tử của Po.

b) Biết rằng ban đầu khối lượng của chất Po là 1 g và sau 6624h độ hóng xạ của khối chất Po bằng $4,17.10^{13}$ Bq, hãy xác định khối lượng của ột hạt α và số Avôgadrô (tức là số hạt có trong một mol chất ở điều kiện iêu chuẩn). Biết chu kì bán rã của Po bằng 3312 h và $ln2 = 0,693$.

(ĐH BÁCH KHOA HÀ NỘI – 98)

Giải

a) *Phương trình phản ứng :* ${}^{A}_{Z}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$

Định luật bảo toàn số khối và nguyên tử số cho : $A = 4 + 206 = 210$

$Z = 2 + 82 = 84$

Vậy : ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$

b) *Khối lượng hạt α và số Avôgadrô :*

+ Gọi N là số hạt nhân pôlôni sau 6624 h thì độ phóng xạ lúc đó $H = \lambda.N$

$$\Rightarrow \quad N = \frac{H}{\lambda} = \frac{H}{\frac{0,693}{T}} = \frac{H.T}{0,693} = \frac{4,17.10^{13} \times 3312 \times 3600}{0,693}$$

$$= \frac{497197,44.10^{15}}{0,693} \text{ (hạt nhân Po)}$$

+ Gọi N_0 là số hạt nhân pôlôni lúc ban đầu, theo định luật phóng xạ, ta ó :

$$N = N_0.2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow N_0 = N.\,2^{\frac{t}{T}} \text{ với } \frac{t}{T} = \frac{6624}{3312} = 2$$

$$N = \frac{497197,44}{0,693} \times 10^{15} \times 2^2 = \frac{1988789,7}{0,693} \times 10^{15} \text{ (hạt nhân Po)}$$

+ Có : $N_o = \frac{m_o}{A}.N_A \Rightarrow N_A = \frac{N_o.A}{m_o} = \frac{\frac{1988789,7}{0,693} \times 10^{15} \times 210}{1}$

$= 60266353.10^{16} \approx 6,0266.10^{23}$ (1/mol)

+ Khối lượng mol của hêli là 4g, mà mỗi mol hêli chứa N_A hạt hêli, nên khối lượng mỗi hạt α là :

$$m_\alpha = \frac{4}{6,0266.10^{23}} = 0,6637241.10^{-23} \text{ (g)} \approx 6,6.10^{-24} \text{ (g)}.$$

9.12. 1. Hạt nhân $^{238}_{92}U$ qua một dãy phóng xạ α và β biến thành hạt nhân $^{206}_{82}Pb$. Trong quá trình đó, có bao nhiêu hạt nhân hêli và bao nhiêu êlectrôn được phóng ra ?

2. Sự phân hạch là gì ? Phản ứng dây chuyền là gì ? Quá trình biến đổi từ hạt nhân U 238 thành hạt nhân Pu 239 diễn ra như sau :

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta} ^{239}_{93}U \xrightarrow{\beta} ^{239}_{94}Pu$$

Quá trình biến đổi đó có phải là phản ứng dây chuyền không ?

3. Coi rằng mỗi hạt nhân U 235 bị phân hạch sẽ cho một năng lượng 215 MeV. Hỏi nếu 1 kg U 235 bị phân hạch hoàn toàn sẽ cho bao nhiêu Jun (J) ?

Cho biết số Avôgadrô = $6,023.10^{23}$ mol^{-1}

Điện tích của êlectrôn = – e = $-1,6.10^{-19}$ C.

(ĐH QG HÀ NỘI – 98)

Giải

1. *Số hạt nhân hêli và êlectrôn được phóng ra :*

Gọi x là số phóng xạ α và y là số phóng xạ β^- thì dãy phóng xạ α và β được viết tóm tắt :

$$^{238}_{92}U \rightarrow x\left(^{4}_{2}He\right) + y\left(^{0}_{-1}e\right) + ^{206}_{82}Pb$$

+ Theo định luật bảo toàn số khối :

$238 = 4x + 0y + 206 \quad \rightarrow \quad x = 8$

Vậy có 8 phóng xạ α tức có 8 hạt nhân hêli được phóng ra.

+ Theo định luật bảo toàn nguyên tử số :

$92 = 2x - y + 82$

$92 = 2 \times 8 - y + 82 \quad \rightarrow \quad y = 6$

Vậy có 6 phóng xạ β^- tức có 6 êlectrôn được phóng ra.

2. *Phân hạch và phản ứng dây chuyền :*

– Sự phân hạch là hiện tượng một hạt nhân (loại rất nặng) hấp thụ một nơtrôn rồi vỡ thành hai hạt nhân trung bình, đồng thời phát ra từ 1 đến 3 nơtrôn và tỏa ra năng lượng.

– Sự phân hạch làm phát ra nơtrôn, nơtrôn này lại đập vào hạt nhân nặng khác gây ra sự phân hạch tiếp theo và cứ như thế, số phân hạch tăng lên rất nhanh trong một thời gian rất ngắn, đó là phản ứng dây chuyền.

– Quá trình biến đổi đã cho không phải là phản ứng dây chuyền vì quá trình trên đã không sinh ra các nơtrôn mới để phản ứng phân hạch có thể tiếp tục xảy ra.

3. *Năng lượng tỏa ra khi 1kg U 235 bị phân hạch hoàn toàn:*

+ Số nguyên tử U 235 có trong 1kg :

$$N = \frac{m}{A}N_A = \frac{1000}{235} \times 6{,}023.10^{23} = \frac{6{,}023.10^{26}}{235} \text{ (nguyên tử U 235)}$$

+ Năng lượng tỏa ra :

$$E = \frac{6{,}023.10^{26}}{235} \times 215 \text{ (MeV)} = 5{,}5104042.10^{26} \text{ (MeV)}$$

Với 1 MeV = $1{,}6.10^{-13}$ Jun nên :

$$E = 5{,}5104042.10^{26} \times 1{,}6.10^{-13} \text{ Jun} \approx 8{,}82.10^{13} \text{ (Jun)}.$$

Loại III

ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG VÀ NĂNG LƯỢNG TRONG PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

TÓM TẮT LÍ THUYẾT

Xem phản ứng hạt nhân : $A + B \rightarrow C + D$

1. Bảo toàn động lượng

+ Động lượng của hạt nhân có khối lượng m, vận tốc $\vec{V}$ là : $\vec{P} = m.\vec{V}$

Độ lớn : P = m.V

+ Định luật bảo toàn động lượng áp dụng cho các hạt tham gia phản ứng

$$\vec{P_A} + \vec{P_B} = \vec{P_C} + \vec{P_D}$$

+ Hạt nào đứng yên thì động lượng $\vec{P} = \vec{O}$.

2. Bảo toàn năng lượng

+ Năng lượng nghỉ của hạt nhân có khối lượng m là :

$$mc^2 \quad (\text{với } c = 3.10^8 \text{ m/s})$$

+ Hạt chuyển động với vận tốc V có động năng : $K = \frac{1}{2}mV^2$

+ Định luật bảo toàn năng lượng áp dụng cho các hạt tham gia phản ứng

$$(m_A + m_B)c^2 + K_A + K_B = (m_C + m_D)c^2 + K_C + K_D$$

Với $\Delta E = (m_A + m_B - m_C - m_D)c^2 = (M_0 - M)c^2$

Ta được : $K_A + K_B + \Delta E = K_C + K_D$

3. Liên hệ giữa động lượng P và động năng K

+ Động năng : $K = \frac{1}{2}mV^2$

+ Động lượng : $P = mV \Rightarrow P^2 = m^2V^2$

Lập tỉ số : $\frac{K}{P^2} = \frac{1}{2m} \Leftrightarrow P^2 = 2mK.$

BÀI TẬP CƠ BẢN

Bài tập 1. Người ta dùng prôtôn có động năng K_p = 1,6 MeV bắn vào hạt nhân đứng yên ${}^{7}_{3}Li$ và thu được hai hạt giống nhau có cùng động năng.

1. Viết phương trình phản ứng, ghi rõ các nguyên tử số Z và số khối A.

2. Tính động năng K của mỗi hạt .

Biết khối lượng các hạt nhân là : m_p = 1,0073u; m_{Li} = 7,0144u; m_α = 4,0015u; u = $1,66055.10^{-27}$ kg = 931 $\frac{MeV}{c^2}$

Giải

1. *Phương trình phản ứng :* ${}^{1}_{1}H + {}^{7}_{3}Li \rightarrow 2\left({}^{A}_{Z}X\right)$

Có $\begin{cases} 1 + 7 = 2A \rightarrow A = 4 \\ 1 + 3 = 2Z \rightarrow Z = 2 \end{cases}$

Vậy X là hạt nhân hêli $\left({}^{4}_{2}He\right)$

Phản ứng : ${}^{1}_{1}H + {}^{7}_{3}Li \rightarrow 2\left({}^{4}_{2}He\right)$.

2. *Động năng của hạt nhân X :*

Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có:

$$(m_p + m_{Li})c^2 + K_p = 2.m_\alpha \,.\, c^2 + 2K_\alpha$$

$$\Rightarrow \quad K_\alpha = \frac{1}{2}\left[(m_p + m_{Li} - 2m\alpha)c^2 + K_p\right]$$

$$= \frac{1}{2}\left[(1{,}0073 + 7{,}0144 - 2.4{,}0015)uc^2 + 1{,}6\right]$$

Mà : $u = 931\ \dfrac{MeV}{c^2}$ hay $uc^2 = 931\ MeV$

nên : $K_\alpha = \dfrac{1}{2}[0{,}0187.\ 931 + 1{,}6] = 9{,}50485\ (MeV) \approx 9{,}5\ (MeV)$.

Bài tập 2. Người ta dùng prôtôn bắn phá hạt nhân beri $\left({}^{9}_{4}Be\right)$ đứng yên. Hai hạt sinh ra là α và X.

a) Viết phương trình phản ứng và xác định hạt nhân X.

b) Biết hạt nhận α có vận tốc vuông góc với vận tốc prôtôn và có động năng lần lượt là $K_\alpha = 4$ MeV; $K_p = 5{,}45$ MeV. Tính động năng của hạt nhận X.

Biết: $m_p = 1{,}00783u$; $m_\alpha = 4{,}00260u$; $m_{Li} = 6{,}01513u$ (chú ý: chưa biết m_{Be}.)

Giải

a) *Phương trình phản ứng :* ${}^{1}_{1}H + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$

2 định luật bảo toàn cho : $\begin{cases} 1 + 9 = 4 + A \rightarrow A = 6 \\ 1 + 4 = 2 + Z \rightarrow Z = 3 \end{cases}$

Vậy X là hạt nhân liti $\left({}^{6}_{3}Li\right)$.

Phản ứng đầy đủ : ${}^{1}_{1}H + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{6}_{3}Li$.

b) *Động năng hạt nhân X :*

- Chú ý rằng ta không thể dùng định luật bảo toàn năng lượng như bài trên để tính động năng hạt nhân X vì chưa biết khối lượng của Be.

+ Định luật bảo toàn động lượng $\vec{P}_H = \vec{P}_\alpha + \vec{P}_X \Rightarrow \vec{P}_X = \vec{P}_H - \vec{P}_\alpha$

$$\left(\vec{P}_X\right)^2 = \left(\vec{P}_H - \vec{P}_\alpha\right)^2$$

$$P_X^2 = P_H^2 + P_\alpha^2 - 2\vec{P}_H.\vec{P}_\alpha$$

Vì $\vec{V}_H \perp \vec{V}_\alpha \Rightarrow \vec{P}_H \perp \vec{P}_\alpha$ nên $\vec{P}_H.\vec{P}_\alpha = 0$

Vậy : $P_X^2 = P_H^2 + P_\alpha^2$ (1)

+ Ngoài ra, giữa động lượng P và động năng K còn có liên hệ:

$$\begin{cases} K = \dfrac{1}{2}mV^2 \\ P = mV \rightarrow P^2 = m^2V^2 \end{cases} \Rightarrow \quad \frac{K}{P^2} = \frac{1}{2m} \quad \Rightarrow \quad P^2 = 2mK$$

Do đó (1) cho : $2m_xK_x = 2m_H.\ K_H + 2m_\alpha K_\alpha$

$$\Rightarrow \quad K_x = \frac{m_H K_H + m_\alpha K_\alpha}{m_X} = \frac{1{,}00783u \times 5{,}45 + 4{,}00260u \times 4}{6{,}01513u} \approx 3{,}575\ (MeV).$$

Bài tập 3. Hạt α chuyển động với động năng $W_\alpha = 3{,}3$ MeV đến đập vào hạt nhân $^{9}_{4}Be$ đứng yên và gây ra phản ứng sau : $^{9}_{4}Be + \alpha \rightarrow n + \boxed{}$

a) Điền vào ô trống tên của hạt nhân còn thiếu.

b) Biết tổng động năng của các hạt sinh ra là 11 MeV. Tính năng lượng mà phản ứng trên tỏa ra.

Giải

a) *Tên của hạt nhân trong ô trống :*

Hai định luật bảo toàn cho : $\begin{cases} 9 + 4 = 1 + A \rightarrow A = 12 \\ 4 + 2 = 0 + Z \rightarrow Z = 6 \end{cases}$

Vậy hạt nhân trong ô trống là Cacbon : $^{12}_{6}C$

$$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{1}_{0}n + \boxed{^{12}_{6}C}$$

b) *Năng lượng mà phản ứng tỏa ra :*

+ Năng lượng mà phản ứng tỏa ra là :

$$\Delta E = (M_0 - M)c^2 = \left[m_{Be} + m_\alpha - (m_n + m_C)\right]c^2$$

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$(m_{Be} + m_\alpha)c^2 + W_\alpha = (m_n + m_C)c^2 + W_n + W_C$$

$$\Rightarrow \quad \left[(m_{Be} + m_\alpha) - (m_n + m_C)\right]c^2 = W_n + W_C - W_\alpha$$

hay : $\Delta E = 11 - 3{,}3 = 7{,}7$ (MeV).

Vậy năng lượng mà phản ứng tỏa ra là 7,7 (MeV).

ĐỀ THI

9.13. Hạt nhân phóng xạ $^{234}_{92}U$ (đứng yên) phóng ra hạt α (hạt nhân của nguyên tử hêli)

a) Viết phương trình phân rã.

b) Tính năng lượng tỏa ra (dưới dạng động năng của hạt nhân và hạt α)

c) Tính động năng của hạt α và hạt nhân con.

Cho biết: $m_U = 233{,}9904u$; $m_\alpha = 4{,}0015u$; $m_X = 229{,}9737u$;

$$1u = 1{,}66.10^{-27}\text{ kg} = 931\ \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

(HỌC VIỆN QUAN HỆ QUỐC TẾ – 96)

Giải

a) *Phương trình phân rã :*

Gọi $^{A}_{Z}X$ là hạt nhân con $\quad ^{234}_{92}U \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{A}_{Z}X$

Hai định luật bảo toàn cho : $\begin{cases} 234 = 4 + A \to A = 230 \\ 92 = 2 + Z \to Z = 90 \end{cases}$

Vậy X là hạt nhân Thôri $\left(^{230}_{90}Th \right)$

$$^{230}_{92}U \to ^{4}_{2}He + ^{230}_{90}Th$$

b) *Năng lượng tỏa ra :*

$$\Delta E = (m_V - m_\alpha - m_X)\,c^2 = (233{,}9904u - 4{,}0015u - 229{,}9737u)\,c^2$$
$$= 0{,}0152u \times c^2$$

Với : $1u = 931 \dfrac{MeV}{c^2} \quad \to \quad uc^2 = 931\ MeV$ nên :

$$\Delta E = 0{,}0152 \times 931 = 14{,}1512\ (MeV).$$

Vậy năng lượng tỏa ra là 14,1512 (MeV).

c) *Động năng của hạt α và hạt nhân con :*

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$m_V.c^2 = m_\alpha c^2 + m_X.c^2 + K_\alpha + K_X$$

$$\Rightarrow \quad K_\alpha + K_X = (m_V - m_\alpha - m_X)\,c^2 = \Delta E = 14{,}1512\ (MeV) \qquad (1)$$

+ Mặt khác theo định luật bảo toàn động lượng : $0 = \vec{P}_\alpha + \vec{P}_X$

Hay về độ lớn : $P_\alpha = P_X \quad \Leftrightarrow \quad P_\alpha^2 = P_X^2$

Giữa P và K có quan hệ : $P^2 = 2mK$ nên :

$$2m_\alpha K_\alpha = 2m_X K_X \quad \Rightarrow \quad K_\alpha = \frac{m_X}{m_\alpha} K_X = \frac{229{,}9737u}{4{,}0015u} K_X \approx 57{,}47\ K_X$$

Thay $K_\alpha = 57{,}47\ K_X$ vào (1) ta được :

$$58{,}47K_X = 14{,}1512\ (MeV) \quad \Rightarrow \quad K_X = \frac{14{,}1512}{58{,}47} \approx 0{,}242\ (MeV)$$

Và $K_\alpha = 57{,}47 \times 0{,}242 \approx 13{,}9\ (MeV)$.

Vậy động năng của hạt nhân con Thôri là 0,242 MeV và của hạt α là 13,9 MeV.

9.14. Hạt nhân mẹ A đứng yên phân rã thành một hạt nhân B và hạt nhân C. Biết khối lượng của các hạt là m_A , m_B , m_C.

Tính động năng của các hạt B và C.

Áp dụng cho phóng xạ α của Radi $^{226}_{88}Ra \to ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}\alpha$

Biết $m_{Ra} = 225{,}977u$; $m_{Rn} = 221{,}970u$; $m_\alpha = 4{,}0015u$

(ĐH SƯ PHẠM HÀ NỘI 2 – 96)

Giải

$$A \to B + C$$

+ Định luật bảo toàn năng lượng cho :

$$m_A c^2 = (m_B + m_C)\, c^2 + K_B + K_C$$

$$\Rightarrow \quad K_B + K_C = (m_A - m_B - m_C)\, c^2 \qquad (1)$$

+ Định luật bảo toàn động lượng : $0 = \vec{P}_B + \vec{P}_C$

hay về độ lớn : $P_B = P_C \quad \Leftrightarrow \quad P_B^2 = P_C^2$

mà : $P^2 = 2mK$ nên : $2m_B K_B = 2m_C K_C$

$$\Rightarrow \quad K_B = \frac{m_C}{m_B} K_C \quad \text{và thay vào (1) :}$$

$$\frac{m_C}{m_B} K_C + K_C = (m_A - m_B - m_C)\, c^2$$

$$K_C \left(\frac{m_C + m_B}{m_B} \right) = (m_A - m_B - m_C)\, c^2$$

$$K_C = m_B \,.\, \frac{m_A - m_B - m_C}{m_B + m_C} .c^2$$

và : $$K_B = m_C \,.\, \frac{m_A - m_B - m_C}{m_B + m_C} .c^2$$

Áp dụng :

$$+ \quad K_{(Rn)} = m_\alpha \,.\, \frac{m_{Ra} - m_{Rn} - m_\alpha}{m_{Rn} + m_\alpha} c^2$$

$$= 4{,}0015u \,.\, \frac{225{,}977u - 221{,}970u - 4{,}0015u}{221{,}970u + 4{,}0015u} .c^2$$

$$= 9{,}73 \times 10^{-5} u.c^2$$

Với $uc^2 = 931$ MeV nên

$$K_{(Rn)} = 9{,}73.10^{-5} \times 931 = 9058{,}63.10^{-5}\ (\text{MeV}) \approx 0.09\ (\text{MeV})$$

$$+ \quad K_\alpha = m_{Rn} \,.\, \frac{m_{Ra} - m_{Rn} - m_\alpha}{m_{Rn} + m_\alpha} c^2$$

$$= 221{,}970u \,.\, \frac{225{,}977u - 221{,}970u - 4{,}0015u}{221{,}970u + 4{,}0015u} .c^2$$

$$= 5{,}4026.10^{-3} u \,.\, c^2$$

$$= 5{,}4026u.10^{-3} \times 931 = 5029{,}8206.10^{-3}\ (\text{MeV})$$

$$K_\alpha = 5{,}03\ (\text{MeV}).$$

9.15. Hạt nhân phóng xạ $^{234}_{92}U$ phát ra hạt α.

a) Viết phương trình phân rã phóng xạ.

b) Tính năng lượng tỏa ra (dưới dạng động năng của hạt α và hạt nhân con). Tính động năng và vận tốc của hạt α và hạt nhân con.

c) Trong thực tế người ta lại đo được động năng của hạt α chỉ bằng 13,00 MeV. Sự sai lệch giữa giá trị tính toán và giá trị đo được đã được giải thích bằng việc phát ra bức xạ γ (cùng với hạt α). Hãy xác định bước sóng của bức xạ γ.

Biết m (U 234) = 233,9904u; m (Th 230) = 229,9737u; m_α = 4,00150u;

$$u = 1,66055.10^{-27}\text{kg} = 931\ \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

(ĐH SƯ PHẠM VINH – 96)

Giải

a) *Phương trình phân rã :* $^{234}_{92}U \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{230}_{90}Th$ (Xem đề 9.13)

b) *Năng lượng tỏa ra – động năng – vận tốc của hạt α và hạt nhân con :*

+ Năng lượng tỏa ra : ΔE = 14.1512 (MeV)

+ Động năng hạt α và hạt nhân con :

K_α = 13,9 (MeV)

K_{Th} = 0,242 (MeV) (Xem đề 9.13)

+ Có $K_\alpha = \dfrac{1}{2} m_\alpha V_\alpha^2 \Rightarrow V_\alpha = \sqrt{\dfrac{2K_\alpha}{m_\alpha}}$

Với $\begin{cases} K_\alpha = 13,9 \times 1,6.10^{-13} = 22,24.10^{-13}\ (J) \\ m_\alpha = 4,0015 \times 1,66055.10^{-27} \approx 6,645.10^{-27}\ (Kg) \end{cases}$

Nên : $V_\alpha = \sqrt{\dfrac{2 \times 22,24.10^{-13}}{6,645.10^{-27}}} \approx 2,59.10^{7}\ (m/s)$

+ $K_{Th} = \dfrac{1}{2} m_{Th}.V_{Th}^2 \Rightarrow V_{Th} = \sqrt{\dfrac{2.K_{Th}}{m_{Th}}}$

Với $\begin{cases} K_{Th} = 0,242 \times 1,6.10^{-13} = 0,3872.10^{-13}\ (J) \\ m_{Th} = 229,9737 \times 1,66055.10^{-27} \approx 381,88.10^{-27}\ (Kg) \end{cases}$

Nên : $V_{Th} = \sqrt{\dfrac{2 \times 0,3872.10^{-13}}{381,88.10^{-27}}} \approx 4,5.10^{5}\ (m/s)$

c) *Bước sóng của bức xạ γ :*

+ Độ sai lệch về động năng hạt α là :

$\Delta K_\alpha = 13,9 - 13 = 0,9\ (\text{MeV}) = 0,9 \times 1,6.10^{-13} = 1,44.10^{-13}\ (\text{J})$

Sở dĩ có độ sai lệch này là do có bức xạ γ mà khi tính toán ta không để ý. Vậy độ sai lệch trên chính là năng lượng của bức xạ γ.

+ Năng lượng bức xạ γ : $\varepsilon = hf = h\dfrac{c}{\lambda}$

$\Rightarrow \quad \lambda = \dfrac{hc}{\varepsilon}$ với $\varepsilon = \Delta K_\alpha$ nên :

$$\lambda = \frac{6,625.10^{-34} \times 3.10^{8}}{1,44.10^{-13}} = 13,8 \ldots \times 10^{-13}\ (\text{m})$$

Vậy bức xạ γ có bước sóng $\lambda = 1,38.10^{-12}$ (m).

9.16. Hạt nhân phóng xạ ${}^{210}_{84}\text{Po}$ (poloni) phát ra hạt α có chu kì bán rã là 138 ngày.

a) Viết phương trình phân rã của poloni.

b) Ban đầu có 1 kg chất phóng xạ trên, hỏi sau bao lâu chất phóng xạ chỉ còn 10 g?

c) Tính năng lượng tỏa ra (theo đơn vị MeV) khi hạt nhân phân rã.

d) Tính động năng (theo đơn vị MeV) và vận tốc hạt α và hạt nhân con (theo đơn vị m/s)

Cho biết : $m_{(\text{Po})} = 209,9828\text{u}$; $m_\alpha = 4,0026\text{u}$;

$m_x = 205,9744\text{u}$; $1\text{u} = 1,66.10^{-27}\text{kg} = 931\dfrac{\text{MeV}}{c^2}$

(ĐH NGOẠI THƯƠNG – 97)

Giải

a) Phương trình phân rã : ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + {}^{A}_{Z}\text{X}$

Tìm được : A = 206 và Z = 82.

Vậy : X là hạt nhân chì $\left({}^{206}_{82}\text{Pb}\right)$ nên : ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + {}^{206}_{82}\text{Pb}$

b) Thời gian để chất phóng xạ còn 10g :

Định luật phóng xạ cho : $m = m_o \cdot e^{-\lambda t}$

$$\Rightarrow \quad e^{\lambda t} = \frac{m_o}{m} = \frac{1000\text{g}}{10\text{g}} = 100$$

Lấy Lôgarit Nêpe 2 vế : $\lambda t = \ln 100 \approx 2,3 \lg 100 = 2,3 \times 2 = 4,6$

$$\Rightarrow \quad t = \frac{4,6}{\lambda} = \frac{4,6}{\dfrac{0,693}{T}} = \frac{4,6 \times 138}{0,693} \approx 916\ (\text{ngày})$$

c) Năng lượng tỏa ra :

+ $\Delta m = m_{Po} - m_\alpha - m_X = 209{,}9828u - 4{,}0026u - 205{,}9744u = 0{,}0058u$

+ Năng lượng tỏa ra :

$$\Delta E = \Delta M \times c^2 = 0{,}0058u \times c^2 = 0{,}0058 \times 931 = 5{,}3998\ (MeV) \approx 5{,}4\ (MeV)$$

***d)** Động năng và vận tốc hạt α và hạt X :*

+ Định luật bảo toàn năng lượng :

$$m_{Po}.c^2 = (m_\alpha + m_X)\,c^2 + K_\alpha + K_X$$

$$\Rightarrow \quad K_\alpha + K_X = \Delta M.c^2 = 5{,}4\ (MeV) \qquad (1)$$

+ Định luật bảo toàn động lượng : $0 = \vec{P}_\alpha + \vec{P}_X$

hay về độ lớn : $P_\alpha = P_X \quad \Rightarrow \quad P_\alpha^2 = P_X^2$

Dùng liên hệ : $P^2 = 2mK$ nên : $2m_\alpha K_\alpha = 2m_X K_X$

$$\Rightarrow \quad K_\alpha = \frac{m_X}{m_\alpha}\,K_X = \frac{205{,}9744u}{4{,}0026u}\,.\,K_X \approx 51{,}46\,K_X$$

(1) cho : $52{,}46\,K_X = 5{,}4\ (MeV)$

$$K_X = \frac{5{,}4}{52{,}46} \approx 0{,}103\ (MeV)$$

Và $K_\alpha = 51{,}46 \times 0{,}103 \approx 5{,}3\ (MeV)$.

+ Có $K_X = \dfrac{1}{2}m_X V_X^2 \quad \Rightarrow \quad V_X = \sqrt{\dfrac{2.K_X}{m_X}}$

Với $\begin{cases} K_X = 0{,}103 \times 1{,}6.10^{-13} = 0{,}1648\ .10^{-13}\ (J) \\ m_X = 205{,}9744 \times 1{,}66.10^{-27} = 341{,}9175.10^{-27}\ (Kg) \end{cases}$

Nên : $V_X = \sqrt{\dfrac{2 \times 0{,}1648.10^{-13}}{341{,}9175.10^{-27}}} \approx 3{,}1\ .10^5\ (m/s)$

và : $V_\alpha = \sqrt{\dfrac{2.K_\alpha}{m_\alpha}}$

Với : $\begin{cases} K_\alpha = 5{,}3 \times 1{,}6\ .10^{-13} = 8{,}48\ .10^{-13}\ (J) \\ m_\alpha = 4{,}0026 \times 1{,}66.10^{-27} = 6{,}644316.10^{-27}\ (Kg) \end{cases}$

Nên : $V_\alpha = \sqrt{\dfrac{2.8{,}48.10^{-13}}{6{,}644316.10^{-27}}} = 1{,}598 \ldots \times 10^7 \approx 1{,}6.10^7\ (m/s)$.

9.17. ${}^{222}_{86}Rn$ (Rađôn) là một chất phóng xạ α

a) Viết phương trình của sự phóng xạ.

b) Bao nhiêu phần trăm của năng lượng tỏa ra chuyển thành động năng hạt α ?

(ĐHSP VINH – 97)

Giải

a) *Phương trình của sự phóng xạ :* $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^{4}_{2}\text{He} + ^{A}_{Z}\text{X}$

2 định luật bảo toàn cho : $A = 218$; $Z = 84$

Vậy X là hạt nhân poloni $\left(^{218}_{84}\text{Po}\right)$.

$$^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^{4}_{2}\text{He} + ^{218}_{84}\text{Po}$$

b) *Phần trăm năng lượng tỏa ra chuyển thành động năng hạt* α *:*

+ Năng lượng tỏa ra là : $\Delta E = (m_{Rn} - m_{\alpha} - m_{Po})\,c^2$ (1)

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$m_{Rn}.c^2 = (m_{\alpha} + m_{Po})\,c^2 + K_{\alpha} + K_{Po}$$

$$\Rightarrow \quad (m_{Rn} - m_{\alpha} - m_{Po})\,c^2 = K_{\alpha} + K_{Po} \qquad (2)$$

(1) và (2) cho : $\Delta E = K_{\alpha} + K_{Po}$

+ Tỉ số giữa động năng hạt α và năng lượng tỏa ra là :

$$H = \frac{K_{\alpha}}{\Delta E} = \frac{K_{\alpha}}{K_{\alpha} + K_{Po}} = \frac{1}{1 + \dfrac{K_{Po}}{K_{\alpha}}} \qquad (3)$$

+ Mặt khác theo định luật bảo toàn động lượng : $0 = \vec{P}_{\alpha} + \vec{P}_{Po}$

hay vì độ lớn : $P_{\alpha} = P_{Po} \quad \Leftrightarrow \quad P_{\alpha}^2 = P_{Po}^2$

Do mối quan hệ : $P^2 = 2mK$ nên : $2m_{\alpha}.K_{\alpha} = 2m_{Po}.K_{Po}$

$$\Rightarrow \quad \frac{K_{Po}}{K_{\alpha}} = \frac{m_{\alpha}}{m_{Po}} \approx \frac{4u}{218u} = \frac{4}{218} \qquad (4)$$

(3) và (4) cho : $H = \dfrac{1}{1 + \dfrac{4}{218}} = \dfrac{218}{222} \approx 0{,}98 = 98\%$

Vậy có 98% của năng lượng tỏa ra chuyển thành động năng hạt α.

9.18. Dùng prôtôn có động năng $K_p = 1{,}2$ MeV bắn vào hạt nhân $^{7}_{3}\text{Li}$ đứng yên thì thu được hai hạt giống nhau $^{A}_{Z}\text{X}$ có cùng động năng.

1. Viết phương trình phản ứng, nêu cấu tạo của hạt nhân được tạo ra.

2. Phản ứng này tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng ?

3. Tìm năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 1 g hạt nhân X.

4. Tìm động năng của mỗi hạt nhân X.

Cho : $m_P = 1{,}0070u$; $m_{Li} = 7{,}0140u$; $m_{He} = 4{,}0015u$; $u = 931\ \text{MeV}/c^2$; $N_A = 6{,}02.10^{23}/\text{mol}$.

(ĐH ĐÀ NẴNG – 97)

Giải

1. *Phương trình phản ứng :* $\quad {}_1^1H + {}_3^7Li \rightarrow 2\left({}_Z^AX\right)$

Hai định luật bảo toàn cho : $1 + 7 = 2A \quad \Rightarrow \quad A = 4$

$1 + 3 = 2Z \quad \Rightarrow \quad Z = 2$

Vậy hạt nhân được tạo ra là hạt nhân hêli $\left({}_2^4He\right)$

+ Hạt nhân này có : $\begin{cases} Z = 2 \text{ prôtôn.} \\ A - Z = 4 - 2 = 2 \text{ nơtrôn} \end{cases}$

+ Phản ứng : ${}_1^1H + {}_3^7Li \rightarrow 2\left({}_2^4He\right)$

2. *Năng lượng phản ứng :*

+ $M_0 = m_P + m_{Li} = 1{,}0070u + 7{,}0140u = 8{,}021u$

+ $M = 2.m_{He} = 2 \times 4{,}0015u = 8{,}0030u$

+ $M_0 > M$ nên phản ứng TỎA năng lượng

+ Năng lượng phản ứng TỎA ra :

$$\Delta E = (M_0 - M)\,c^2 = (8{,}021 - 8{,}0030)\,uc^2$$

$$= 0{,}018\ uc^2 = 0{,}018 \times 931 = 16{,}758\ (MeV).$$

3. *Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 1g hạt nhân X :*

+ Số nguyên tử có trong 1g hạt nhân hêli :

$$N = \frac{m}{A}.N_A = \frac{1}{4} \times 6{,}02.10^{23} = 1{,}505.10^{23}\ (\text{hạt nhân})$$

+ Cứ tổng hợp được 1 hạt nhân hêli thì tỏa ra năng lượng 16,758 MeV. Vậy năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 1g hêli là :

$$E = N.\Delta E = 1{,}505.10^{23} \times 16{,}758 = 25{,}22079.10^{23}\ (MeV)$$

$$= 25{,}22079\ .10^{23} \times 1{,}6.10^{-13}\ (J) = 40{,}353264\ 10^{10}\ (J)$$

$$E \approx 4{,}035.10^{11}\ (J)$$

4. *Động năng mỗi hạt nhân X :*

Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$(m_P + m_{Li})\,c^2 + K_P = 2.m_{He}.c^2 + 2K_{He}$$

$$\Rightarrow \quad 2K_{He} = \underbrace{(m_P + m_{Li} - 2m_{He})c^2}_{\Delta E} + K_p$$

$$= \Delta E + K_p$$

$$K_{He} = \frac{1}{2}(\Delta E + K_p) = \frac{1}{2}(16{,}758 + 1{,}2)\ (MeV)$$

$$K_{He} = 8{,}979\ (MeV).$$

9.19. Poloni $^{210}_{84}Po$ là một chất phóng xạ α có chu kì bán rã 138 ngày.

1. Viết phản ứng phân rã của hạt nhân poloni. Hạt nhân con là hạt nhân của nguyên tử của nguyên tố nào ?

2. Chứng minh rằng động năng của hạt α và hạt nhân con tỉ lệ thuận với vận tốc của chúng. Tính vận tốc hạt α, biết rằng mỗi hạt nhân poloni khi phân rã tỏa ra năng lượng E = 2,6 MeV.

3. Tính độ phóng xạ ban đầu của 1 mg poloni và độ phóng xạ của nó sau 17,25 ngày; 34,5 ngày; 69 ngày và 276 ngày. Cho biết $N_A = 6{,}022.10^{23}$ hạt/mol, Ln2 = 0,693, coi khối lượng của hạt α là 4u.

(ĐH CÔNG ĐOÀN – 98)

Giải

1. *Phản ứng phân rã của poloni :* $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{A}_{Z}X$

Hai định luật bảo toàn cho : $210 = 4 + A \Rightarrow A = 206$

$84 = 2 + Z \Rightarrow Z = 82$

Hạt nhân X chính là hạt nhân của chì $\left(^{206}_{82}Pb\right)$.

$$^{210}_{84}Po \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{206}_{82}Pb$$

2. ***Động năng của hạt α và hạt nhân con tỉ lệ thuận với vận tốc – vận tốc hạt α :***

+ Động năng của hạt α và hạt nhân con X cho bởi :

$$\begin{cases} K_\alpha = \dfrac{1}{2}m_\alpha.V_\alpha^2 \\ K_X = \dfrac{1}{2}m_X V_X^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{K_\alpha}{K_X} = \frac{m_\alpha}{m_X}\left(\frac{V_\alpha}{V_X}\right)^2 \quad (1)$$

+ Theo định luật bảo toàn động lượng : $0 = \vec{P}_\alpha + \vec{P}_X$

hay về độ lớn : $P_\alpha = P_X$

$$m_\alpha V_\alpha = m_X V_x \Rightarrow \frac{m_\alpha}{m_X} = \frac{V_X}{V_\alpha} \quad (2)$$

(1) và (2) cho : $$\frac{K_\alpha}{K_X} = \frac{V_X}{V_\alpha}\left(\frac{V_\alpha}{V_X}\right)^2 = \frac{V_\alpha}{V_X} \quad (3)$$

Vậy : động năng 2 hạt α và X tỉ lệ với vận tốc của chúng.

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$m_{Po}c^2 = (m_\alpha + m_X)c^2 + K_\alpha + K_X$$

$$\Rightarrow K_\alpha + K_X = (m_{Po} - m_\alpha - m_X)c^2 = \Delta E = 2{,}6\ (MeV) \quad (4)$$

+ (2) và (3) cho : $\frac{K_\alpha}{K_X} = \frac{V_\alpha}{V_X} = \frac{m_X}{m_\alpha} \approx \frac{206u}{4u} = 51,5$

$$\Rightarrow \quad K_X = \frac{K_\alpha}{51,5} \quad \text{và thay vào (4) :}$$

$$K_\alpha\left(1 + \frac{1}{51,5}\right) = 2,6$$

$$K_\alpha = \frac{2,6 \times 51,5}{52,5} \approx 2,55 \text{ (MeV)}$$

+ Có : $K_\alpha = \frac{1}{2} m_\alpha . V_\alpha^2 \quad \Rightarrow \quad V_\alpha = \sqrt{\frac{2K_\alpha}{m_\alpha}}$

Với : $\begin{cases} K_\alpha = 2,55 \times 1,6.10^{-13} = 4,08 \times 10^{-13} \text{ (J)} \\ m_\alpha = 4u = 4 \times 1,66055.10^{-27} = 6,6422.10^{-27} \text{ (Kg)} \end{cases}$

Nên : $V_\alpha = \sqrt{\frac{2 \times 4,08.10^{-13}}{6,6422.10^{-27}}} \approx 1,1.10^7 \text{ (m/s)}$

3. ***Độ phóng xạ :***

- ***Độ phóng xạ ban đầu :***

+ $N_o = \frac{m_o}{A} . N_A = \frac{10^{-3}}{210} . 6,022.10^{23} = \frac{6,022}{21} .10^{19}$ (hạt nhân)

+ ***Độ phóng xạ :*** $H_o = \lambda . N_o$

Với $\lambda = \frac{0,693}{T} = \frac{0,693}{138 \times 24 \times 3.600}\left(\frac{1}{s}\right)$

Nên : $H_o = \frac{0,693}{138 \times 24 \times 3600} . \frac{6,022}{21} .10^{19}$

$$= \frac{693 \times 6,022}{138 \times 24 \times 36 \times 21} .10^{14} = 0,0016667.10^{14}$$

$$= 1,6667.10^{11} \text{ (Bq)}.$$

- *Độ phóng xạ sau 17,25 ngày :*

+ Có : $\frac{t_1}{T} = \frac{17,25}{138} = \frac{1}{8}$

+ Độ phóng xạ : $H_1 = H_o . 2^{-\frac{t_1}{T}} = \frac{H_o}{2^{1/8}}$

$$H_1 = \frac{H_o}{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2}}}} \approx \frac{H_o}{1,0905} = \frac{1,6667.10^{11}}{1,0905} = 1,528 .10^{11} \text{ (Bq)}$$

- *Độ phóng xạ sau 34,5 ngày :*

+ Có : $\frac{t_2}{T} = \frac{34,5}{138} = \frac{1}{4}$

+ Độ phóng xạ : $H_2 = H_o.2^{-\frac{t_2}{T}} = \frac{H_o}{2^{1/4}}$

$$H_2 = \frac{H_o}{\sqrt{\sqrt{2}}} \approx \frac{H_o}{1,1892} = \frac{1,6667.10^{11}}{1,1892} \approx 1,4.10^{11} \text{ (Bq)}$$

- *Độ phóng xạ sau 69 ngày :*

+ Có $\frac{t_3}{T} = \frac{69}{138} = \frac{1}{2}$

+ Độ phóng xạ : $H_3 = H_o.2^{-\frac{t_3}{T}} = \frac{H_o}{2^{1/2}}$

$$H_3 = \frac{H_o}{\sqrt{2}} = \frac{1,6667.10^{11}}{1,414} = 1,1787.10^{11} = 1,1787.10^{11} \text{ (B}$$

- *Độ phóng xạ sau t_4 = 276 ngày :*

+ Có $\frac{t_4}{T} = \frac{276}{138} = 2$

+ Độ phóng xạ : $H_4 = H_o.2^{-\frac{t_4}{T}} = \frac{H_o}{2^2} = \frac{H_o}{4}$

$$H_4 = \frac{1,6667.10^{11}}{4} \approx 0,4167.10^{11} \text{ (Bq)}.$$

9.20. Hạt α có động năng W_α = 4 MeV bắn vào hạt nhân nhôm đứng yê gây ra phản ứng : $\alpha + {}^{27}_{13}Al \rightarrow {}^{30}_{15}P + n$

1. Phản ứng này thu hay tỏa năng lượng.

2. Hạt nhân trên sinh ra chuyển động theo phương vuông góc với hạt Tìm động năng W_n của hạt nơtrôn và động năng W_P của hạt phôtpho.

Cho biết : $m_{Al} = 26,9743u$; $m_\alpha = 4,0026u$; $m_P = 29,9711u$;

$m_n = 1,0087u$; $1u = 1,66.10^{-27}kg = 931 \frac{MeV}{c^2}$.

(ĐH NGOẠI THƯƠNG – 9

Giải

1. *Phản ứng thu hay tỏa năng lượng :*

$$M_o = m_\alpha + m_{Al} = 30,9769u$$
$$M = m_P + m_n = 30,9798u$$

Vì $M_o < M$ nên PHẢN ỨNG THU năng lượng.

2. *Động năng W_n của nơtrôn và W_P của phôtpho :*

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$M_0c^2 + W_\alpha = Mc^2 + W_P + W_n$$

$$\Rightarrow \quad W_P + W_n = (M_0 - M)c^2 + W_\alpha = (30{,}9769 - 30{,}9798)\,uc^2 + W_\alpha$$

$$= -0{,}0029\,uc^2 + W_\alpha = -0{,}0029 \times 931 + 4$$

$$= 1{,}3001 \approx 1{,}3\ (\text{MeV}) \qquad (1)$$

+ Theo định luật bảo toàn động lượng :

$$\vec{P}_\alpha = \vec{P}_p + \vec{P}_n \quad \Rightarrow \quad \left(\vec{P}_\alpha - \vec{P}_n\right) = \vec{P}_p$$

$$\left(\vec{P}_\alpha - \vec{P}_n\right)^2 = \vec{P}_p^{\,2}$$

$$P_\alpha^2 + P_n^2 - 2\vec{P}_\alpha.\vec{P}_n = P_p^2$$

Vì : $\vec{V}_\alpha \perp \vec{V}_n$ nên $\vec{P}_\alpha \perp \vec{P}_n \Rightarrow \vec{P}_\alpha.\vec{P}_n = 0$

Do đó : $P_\alpha^2 + P_n^2 = P_p^2$

Do mối liên hệ : $P^2 = 2mW$ nên :

$$2m_\alpha W_\alpha + 2m_n W_n = 2m_P W_P$$

$$m_\alpha W_\alpha + m_n W_n = m_P W_P$$

Để đơn giản ta lấy $m_\alpha \approx 4u$; $m_n = 1u$; $m_P = 30u$, ta được

$$4 \times 4 + 1.W_n = 30\,W_P.$$

$$16 + W_n = 30\,W_P \qquad (2)$$

Lấy (1) – (2) : $W_P - 16 = 1{,}3 - 30\,W_P$

$$\Rightarrow \quad 31\,W_P = 17{,}3$$

$$W_P \approx 0{,}558\ (\text{MeV})$$

Và $W_n = 1{,}3 - W_P = 0{,}742\ (\text{MeV})$.

9.21. Người ta dùng hạt prôtôn có động năng $K_P = 5{,}58$ MeV bắn phá hạt nhân ${}^{23}_{11}\text{Na}$ đứng yên. Hai hạt sinh ra là ${}^{4}_{2}\text{He}$ và X.

1. Viết phương trình phản ứng. Tính số nơtrôn và prôtôn của hạt X.

2. Tính ra MeV năng lượng tỏa ra trong phản ứng trên.

3. Biết động năng của He là $K_{He} = 6{,}6$ MeV, tính động năng của hạt nhân X.

4. Tính góc hợp bởi vectơ vận tốc của hạt prôtôn và hạt He.

Cho biết khối lượng của các hạt : $m_P = 1,0073u$; $m_{Na} = 22,9837u$;

$m_{He} = 4,0015u$; $m_X = 19,9869u$; $1u = 931 \dfrac{MeV}{c^2}$.

(HỌC VIỆN KTQS - 98)

Giải

1. *Phương trình phản ứng và số prôtôn - nơtrôn của hạt nhân X :*

+ $${}_{1}^{1}H + {}_{11}^{23}Na \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{Z}^{A}X$$

Hai định luật bảo toàn cho : $A = 20$ và $Z = 10$.

Vậy X là hạt nhân nêon $\left({}_{10}^{20}Ne\right)$.

+ Cấu tạo hạt nhân : $\begin{cases} Z = 10 \text{ prôtôn} \\ A - Z = 20 - 10 = 10 \text{ nơtrôn} \end{cases}$

Phản ứng : $${}_{1}^{1}H + {}_{11}^{23}Na \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{10}^{20}Ne$$

2. *Năng lượng tỏa ra :*

$$M_o = m_H + m_{Na} = 23,9910u$$

$$M = m_\alpha + m_{Ne} = 23,9884u$$

Năng lượng tỏa ra :

$$\Delta E = (M_o - M)\,c^2 = (23,9910 - 23,9884)\,uc^2$$

$$= 0,0026 \times 931 = 2,4206\ (MeV)$$

$$\Delta E \approx 2,42\ (MeV)$$

3. *Động năng của hạt nhân X :*

Định luật bảo toàn năng lượng :

$$M_oc^2 + k_P = Mc^2 + K_{he} + K_X$$

$$\Rightarrow\quad K_X = (M_o - M)\,c^2 + K_P - K_{He} = 2,42 + 5,58 - 6,6$$

$$K_X = 1,4\ (MeV).$$

4. *Góc hợp bởi* $\vec{V_P}$ và $\vec{V_{He}}$:

Theo định luật bảo toàn động lượng :

$$\vec{P_P} = \vec{P_{He}} + \vec{P_X} \quad\Rightarrow\quad \vec{P_X} = \vec{P_P} - \vec{P_{He}}$$

$$P_X^2 = P_P^2 + P_{He}^2 - 2P_P.P_{He}.\cos\left(\vec{P_P}, \vec{P_{He}}\right)$$

$$\Rightarrow \quad \cos\left(\vec{P_P},\vec{P_{He}}\right) = \frac{P_P^2 + P_{He}^2 - P_X^2}{2P_P.P_{He}}$$

Với : $P^2 = 2mK$ nên :

$$\cos\left(\vec{P_P},\vec{P_{He}}\right) = \frac{2m_P.K_P + 2m_{He}.K_{He} - 2m_X.K_X}{2\sqrt{2m_PK_P.2m_{He}.K_{He}}}$$

$$= \frac{m_PK_P + m_{He}K_{He} - m_XK_X}{2\sqrt{m_PK_P.m_{He}.K_{He}}}$$

$$= \frac{1\times 5{,}58 + 4\times 6{,}6 - 20\times 1{,}4}{2\sqrt{1\times 5{,}58\times 4\times 6{,}6}} = 0{,}1659$$

Góc hợp bởi 2 vectơ động lượng $\vec{P_P}$ và $\vec{P_{He}}$ cũng là góc của 2 vectơ vận tốc của hạt prôtôn và hạt He.

Vậy : $\left(\vec{V_P},\vec{V_{He}}\right) \approx 80^o25'$.

ĐỀ KIỂM TRA BẰNG TRẮC NGHIỆM
(PHẦN QUANG HÌNH HỌC)

Đề 1

Cho một thấu kính hai mặt lõm cùng bán kính $R_1 = R_2 = 20cm$ làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$.

Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính và cách thấu kính khoảng d có ảnh là A'B' cách AB là 10cm.

Khoảng cách d là :

a) d = 10cm **b)** d = 12cm **c)** d = 15cm **d)** d = 20cm

Đề 2

Một tấm thủy tinh mỏng trong suốt có tiết diện là hình chữ nhật ABCD chiết suất $n = 1,5$; mặt đáy AB tiếp xúc với chất lỏng có chiết suất $n_0 = \sqrt{2}$. Chiếu tia sáng tới đơn sắc SI nằm trong mặt phẳng ABCD gặp mặt AD sao cho tia tới nằm phía trên pháp tuyến ở điểm tới I và tia khúc xạ trong thủy tinh gặp đáy AB ở K (hình vẽ).

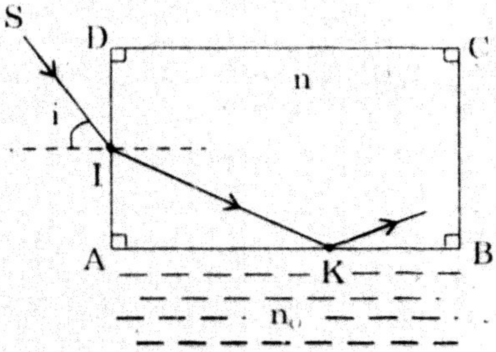
Để có phản xạ toàn phần tại K thì giá trị lớn nhất của góc tới i là :

a) $i_{max} = 30^0$

b) $i_{max} = 45^0$

c) $i_{max} = 60^0$

d) $i_{max} = 75^0$ (với $\sin 75^0 \approx 0,9659$)



Đề 3

Vật phẳng AB cao 4cm đặt vuông góc với trục chính của thấu kính phân kì, ảnh của vật qua thấu kính đó cao 2cm và cách vật 20cm. Biết rằng thấu kính này làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$ được giới hạn bởi một mặt phẳng và một mặt cầu. Bán kính mặt cầu là :

a) 10cm **b)** 15cm **c)** 20cm **d)** 25cm

Đề 4

Người ta đặt một cái thước thẳng dài 70cm, theo phương thẳng đứng vuông góc với đáy một bể nước rộng nằm ngang (một đầu thước chạm đáy bể). Chiều cao lớp nước trong bể bằng 40cm và chiết suất của nước bằng 4/3. Nếu các tia sáng mặt trời chiếu tới mặt nước dưới góc tới i ($\sin i = 0,8$) thì bóng của thước dưới đáy bể là :

[illegible]5cm **b)** 70cm **c)** 75cm **d)** 80cm

Đề 5

Cho hai thấu kính đồng trục O_1, O_2 đặt cách nhau 10cm có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 10$cm và $f_2 = 40$cm. Khoảng cách giữa hai thấu kính là 10cm. Trước thấu kính O_1 đặt một vật phẳng AB vuông góc với trục chính.

Để ảnh qua hệ thấu kính là ảnh ảo có độ cao 20 lần vật AB thì vật AB cách thấu kính O_1 một khoảng :

a) $d_1 = 7$cm **b)** $d_1 = 8$cm **c)** $d_1 = 9$cm **d)** $d_1 = 10$cm

Đề 6

Cho một hệ hai thấu kính L_1 và L_2 có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 20$cm, $f_2 = -10$cm; L_1 ở bên trái L_2 và có trục chính trùng nhau. Một điểm sáng S ở bên trái L_1 và cách L_1 một khoảng $d_1 = 30$cm. Để ảnh S' của S qua hệ là ảnh thật thì khoảng cách l giữa hai thấu kính là :

a) 40cm $\le l \le$ 50cm **b)** 50cm $\le l \le$ 60cm

c) 55cm $\le l \le$ 65cm **d)** 58cm $\le l \le$ 70cm

Đề 7

Một người cận thị phải đeo sát mắt một kính có độ tụ D = −2 điốp mới có thể nhìn rõ các vật ở xa mà không phải điều tiết. Vậy khi không đeo kính người ấy chỉ nhìn rõ vật trên trục chính của mắt và cách mắt xa nhất là :

a) 65cm **b)** 60cm **c)** 50cm **d)** $\frac{100}{3}$ cm

Đề 8

Một người có khoảng nhìn rõ từ 25cm đến vô cực quan sát một vật nhỏ qua kính lúp có độ tụ +10 điốp. Mắt đặt sát sau kính, vật phải đặt trước kính và cách kính trong khoảng:

a) từ 0 → 5cm **b)** 5cm → 10cm

c) $\frac{15}{7}$ cm → $\frac{50}{7}$ cm **d)** $\frac{50}{7}$ cm → 10cm

Đề 9

Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 1$cm, thị kính có tiêu cự $f_2 = 4$cm. Hai kính cách nhau 17cm. Lấy Đ = 25cm. Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực là :

a) $G_\infty = 65$ **b)** $G_\infty = 75$ **c)** $G_\infty = 100$ **d)** $G_\infty = 125$

Đề 10

Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 1$cm, thị kính có tiêu cự $f_2 = 4$cm. Chiều dài quang học của kính là 15cm. Người quan sát có điểm cực cận cách mắt 20cm và điểm cực viễn ở vô cực. Vật phải đặt trước kính :

a) từ 1,050cm → 1,055cm **b)** từ 1,058cm → 1,062cm

c) từ 1,064cm → 1,067cm **d)** từ 1,071cm → 1,074cm

LỜI GIẢI

Đề 1 [d]

- Tiêu cự thấu kính là f cho bởi :

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = (1,5-1)\left(-\frac{2}{20}\right) = -\frac{1}{20}$$

$$f = -20 \text{ (cm)}$$

- Khoảng cách giữa vật và ảnh là :

$$l = d + d' = d + \frac{df}{d-f} = \frac{d^2}{d-f}$$

$$10 = \frac{d^2}{d+20} \quad\Rightarrow\quad d^2 - 10d - 200 = 0 \quad\Rightarrow\quad d = 5 \pm 15$$

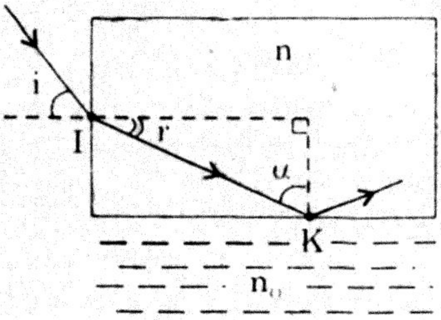
Vì vật thật nên d = 20 (cm).

Đề 2 [a]

Điều kiện để có phản xạ toàn phần tại K là :

$$\alpha \geq i_{gh}$$

Với $\alpha = \frac{\pi}{2} - r$ nên :



$$\frac{\pi}{2} - r \geq i_{gh}$$

$$r \leq \frac{\pi}{2} - i_{gh}$$

$$\sin r \leq \sin\left(\frac{\pi}{2} - i_{gh}\right) = \cos i_{gh}$$

Với : $\begin{cases} \sin r = \dfrac{\sin i}{n} \\ \cos i_{gh} = \sqrt{1 - \sin^2 i_{gh}} = \sqrt{1 - \left(\dfrac{n_o}{n}\right)^2} = \dfrac{\sqrt{n^2 - n_o^2}}{n} \end{cases}$

$$\frac{\sin i}{n} \leq \frac{\sqrt{n^2 - n_o^2}}{n}$$

$$\sin i \le \sqrt{n^2 - n_o^2} = \sqrt{0,25} = 0,5$$

$$i \le 30^\circ$$

$$i_{max} = 30^\circ$$

ề 3 [c]

Ảnh của vật thật qua thấu kính phân kì là ảnh ảo cùng chiều với vật nên :

$$K = -\frac{d'}{d} = +\frac{1}{2} \quad \rightarrow \quad d = -2d' \qquad (1)$$

$$\text{và} \quad d + d' = 20 \qquad (2)$$

(1) và (2) cho :

$$d' = -20(cm) \quad \text{và} \quad d = 40(cm)$$

Tiêu cự : $f = \dfrac{dd'}{d + d'} = -40$ (cm)

mà : $\dfrac{1}{f} = (n - 1).\dfrac{1}{R} \Rightarrow R = (n - 1).f = -20$ (cm)

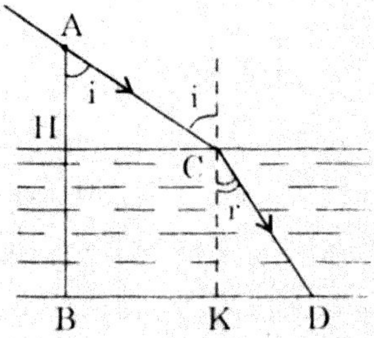
(Dấu "−" chứng tỏ mặt cầu lõm).

ề 4 [b]

- $\sin i = \dfrac{4}{3}\sin r \quad \rightarrow \quad \sin r = \dfrac{3}{4}\sin i = 0,6$

$$\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r} = 0,8$$

$$\operatorname{tg} r = \frac{\sin r}{\cos r} = \frac{3}{4}$$



- Có $\operatorname{tg} r = \dfrac{KD}{CK}$

$$\Rightarrow \quad KD = CK \,.\, \operatorname{tg} r = 40 \,.\, \frac{3}{4} = 30 \text{ (cm)}$$

- Và $\operatorname{tg} i = \dfrac{CH}{AH} \quad \rightarrow \quad CH = AH \,.\, \operatorname{tg} i = 30 \,.\, \dfrac{4}{3} = 40$ (cm)
- Chiều dài bóng trên đáy bể : $BD = BK + KD = 70$ (cm)

ề 5 [a]

Sơ đồ tạo ảnh : $AB \xrightarrow[d_1 \qquad d'_1]{O_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2 \qquad d'_2]{O_2} A'B'$

- $d'_1 = \dfrac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{10d_1}{d_1 - 10}$

- $d_2 = l - d'_1 = 10 - \dfrac{10d_1}{d_1 - 10} = \dfrac{-100}{d_1 - 10}$

- $d'_2 = \dfrac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{-4000}{-100 - 40d_1 + 400} = \dfrac{-4000}{-40d_1 + 300}$

Để có ảnh ảo thì $d'_2 < 0 \quad \rightarrow \quad d_1 < 7{,}5$ (cm) (*)

- $K = \dfrac{d'_1}{d_1} \cdot \dfrac{d'_2}{d_2} = \dfrac{20}{15 - 2d_1}$

Với $K = +20$ thì : $d_1 = 7$ (cm)

Với $K = -20$ thì : $d_1 = 8$ (cm)

Để có ảnh ảo (thỏa mãn điều kiện *) thì $d_1 = 7$ (cm).

Đề 6 [b]

Sơ đồ tạo ảnh : $S \xrightarrow[d_1 \qquad\quad d'_1]{L_1} S_1 \xrightarrow[d_2 \qquad\quad d'_2]{L_2} S'$

- $d'_1 = \dfrac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \dfrac{30.20}{30 - 20} = 60$ (cm)

- $d_2 = l - d'_1 = l - 60$

- $d'_2 = \dfrac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \dfrac{(l - 60)(-10)}{(l - 60) + 10} = \dfrac{-10(l - 60)}{l - 50}$

Xét dấu d'_2 :

l		50		60	
d'_2	−	‖	+	0	−

Vậy để có ảnh thật thì $50 < l < 60$ (cm).

Đề 7 [c]

Tiêu cự kính phải đeo (sát mắt) để thấy rõ vật ở rất xa mà không pha điều tiết là :

$$f = -OC_V$$

hay : $OC_V = -f = -\dfrac{1}{D} = \dfrac{1}{2} = 0{,}5\,\text{m}$

Vậy : Khi không đeo kính người cận thị ấy thấy xa nhất cách mắ 50cm.

Đề 8 [d]

Tiêu cự kính : $f = \dfrac{1}{D} = \dfrac{1}{10} = 0{,}1$ (m) = 10 (cm)

- Vị trí đặt vật khi ngắm ở ∞ :

$$d = f = 10\ (cm)$$

- Vị trí đặt vật khi ngắm ở cực cận $d' = -25cm$ là :

$$d = \frac{d'f}{d'-f} = \frac{-25.10}{-25-10} = \frac{50}{7}\ (cm)$$

Vậy : Vật đặt từ $\frac{50}{7}$ cm → 10cm trước kính.

ề 9 [b]

$$G_\infty = \frac{\delta.Đ}{f_1.f_2}$$

Với $\delta = l - (f_1 + f_2) = 17 - (1 + 4) = 12\ (cm)$

nên : $G_\infty = \frac{12.25}{1.4} = 75$.

ề 10 [c]

Sơ đồ tạo ảnh qua kính hiển vi :

$$AB \xrightarrow[d_1 \qquad d'_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2 \qquad d'_2]{L_2} A'B'$$

Khi ngắm ở cực cận :

- $d'_2 = -20cm$
- $d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{10}{3}\ (cm)$
- $d'_1 = l - d_2 = 20 - \frac{10}{3} = \frac{50}{3}\ (cm)$
- $d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{50}{47} \approx 1,064\ (cm)$

Khi ngắm ở cực viễn :

- $d'_2 = \infty$
- $d_2 = f_2 = 4\ (cm)$
- $d'_1 = l - d_2 = 20 - 4 = 16\ (cm)$
- $d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{16.1}{16-1} = \frac{16}{15} \approx 1,067\ (cm)$

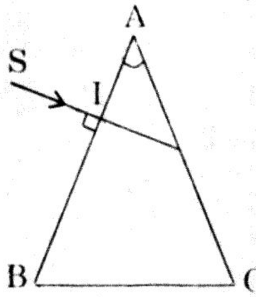
Vậy vật phải đặt trước kính từ 1,064cm → 1,067cm.

ĐỀ THI TUYỂN SINH ĐẠI HỌC
NĂM 2001 VÀ 2002

Đề 1 ĐẠI HỌC SƯ PHẠM TP. HỒ CHÍ MINH – 2001

Cho lăng kính có góc chiết quang $A = 45^\circ$ đặt trong không khí.

1. Chiếu chùm tia sáng đơn sắc song song hẹp màu lục SI theo phương vuông góc với mặt bên AB. Cho tia ló ra khỏi lăng kính nằm sát với mặt bên AC. Tính chiết suất n của lăng kính đối với ánh sáng màu lục và góc lệch D của tia ló so với tia tới.

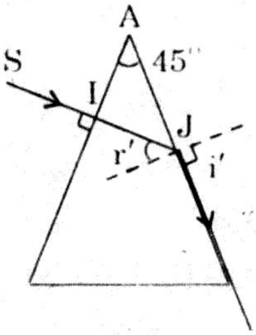


2. Chùm tia SI gồm bốn ánh sáng đơn sắc : đỏ, vàng, lục, tím. Hỏi các ti
ló ra khỏi lăng kính gồm những ánh sáng đơn sắc nào ? Giải thích.

Giải

1. Ta có : $i' = 90^\circ$; $r' = A = 45^\circ$

Áp dụng định luật khúc xạ tại J :



$$n\sin r' = \sin i'$$

$$n = \frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin 45^\circ}$$

$$n = \sqrt{2}$$

Độ lệch : $D = i + i' - A = 0 + 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$.

2. Ta biết chiết suất của lăng kính đối với các ánh sáng đơn sắc tăng dầ
từ đỏ → tím :

$$n_{\text{đỏ}} < n_{\text{vàng}} < n_{\text{lục}} < n_{\text{tím}}$$

$$\rightarrow \quad \frac{1}{n_{\text{đỏ}}} > \frac{1}{n_{\text{vàng}}} > \frac{1}{n_{\text{lục}}} > \frac{1}{n_{\text{tím}}}$$

$$\rightarrow \quad i_{gh\,(\text{đỏ})} > i_{gh\,(\text{vàng})} > i_{gh\,(\text{lục})} > i_{gh\,(\text{tím})}$$

trong đó $i_{gh\,(\text{lục})}$ cũng là góc r' tại mặt bên AC của các tia sáng.

Như vậy :

- Góc tới của 3 tia đỏ, vàng, lục đều thỏa mãn điều kiện :

  $$r' \le i_{gh}$$

  nên 3 tia này ló ra khỏi lăng kính.

- Còn góc tới của tia tím thì $r' > i_{gh\,(\text{tím})}$ nên bị phản xạ toàn phần.

âu 5. Mắt một người cận thị có khoảng thấy rõ ngắn nhất là 12,5cm và giới hạn nhìn rõ là 37,5cm.

1. Hỏi người này phải đeo kính có độ tụ bằng bao nhiêu để nhìn rõ được các vật ở vô cực mà không phải điều tiết ? Người đó đeo kính có độ tụ như thế nào thì sẽ không thể nhìn thấy rõ được bất kì vật nào trước mắt ? Coi kính đeo sát mắt.

2. Người này không đeo kính, cầm một gương phẳng đặt sát mắt rồi dịch gương lùi dần ra xa mắt và quan sát ảnh của mắt trong gương. Hỏi tiêu cự của thủy tinh thể thay đổi như thế nào trong khi mắt nhìn thấy rõ ảnh. Độ lớn của ảnh và góc trông ảnh có thay đổi không ? Nếu có thì tăng hay giảm ?

Giải

1. • Vị trí điểm cực viễn :

$$OC_V = OC_C + 37{,}5 = 50 \text{ (cm)}$$

Tiêu cự kính phải đeo :

$$f = -OC_V = -50 \text{ (cm)}$$

Độ tụ : $$D = \frac{1}{f} = -\frac{1}{0{,}5} = -2 \text{ (điốp)}$$

- Ảnh ảo của thấu kính hội tụ có thể nằm trước thấu kính đến vô cùng nghĩa là ảnh ảo này có thể được điều chỉnh để nằm từ C_C đến C_V của mắt. Vậy nếu đeo thấu kính hội tụ mắt có thể nhìn thấy rõ vật trước thấu kính.

- Ảnh ảo của thấu kính phân kì nằm từ thấu kính đến tiêu điểm ảnh F' (trước thấu kính). Vậy nếu độ lớn tiêu cự thấu kính nhỏ hơn khoảng cách OC_C thì ảnh nằm trong khoảng OC_C, tức mắt không nhìn thấy rõ bất cứ vật nào

$$|f| < OC_C = 12{,}5 \text{ (cm)} = 0{,}125 \text{ (m)}$$

$$|D| = \frac{1}{|f|} > \frac{1}{0{,}125} = 8 \text{ (điốp)}$$

Vì $D < 0$ nên : $-D > 8$ (điốp)

$$D < -8 \text{ (điốp)}.$$

2. • Khi ảnh ở C_C của mắt thì mắt phải điều tiết tối đa, tiêu cự thủy tinh thể nhỏ nhất. Khi ảnh lùi ra xa thì tiêu cự thủy tinh thể tăng lên. Đến khi ảnh ở C_V của mắt thì tiêu cự thủy tinh thể lớn nhất.

- Độ lớn của ảnh qua gương phẳng không đổi, còn góc trông ảnh thì gia vì khoảng cách tăng lên.

Đề 3 ĐỀ THI TUYỂN SINH ĐẠI HỌC – CAO ĐẲNG – 2002

Câu 8. Vật AB là đoạn thẳng sáng nhỏ đặt vuông góc với trục chính c một gương cầu lồi có một ảnh cao bằng 0,5 lần vật và cách vật 60c Đầu A của vật nằm tại trục chính của gương.

a) Xác định tiêu cự của gương và vẽ ảnh.

b) Đặt thêm một thấu kính hội tụ trong khoảng từ vật tới gương, đồ trục với gương và cách gương a = 20cm. Khi dịch chuyển vật dọc th trục chính thì ảnh cuối cùng có độ cao không đổi. Tìm tiêu cự của th kính.

Giải

a) Đối với gương cầu lồi vật sáng có ảnh ảo cùng chiều với vật $(K > 0)$.

+ Độ phóng đại :

$$K = -\frac{d'}{d} = \frac{1}{2} \qquad \Rightarrow \qquad d = -2d'$$

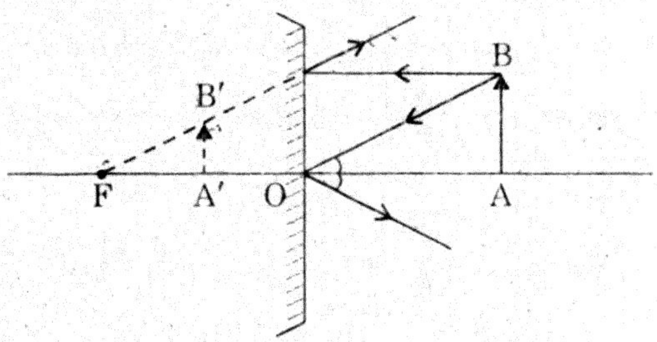
+ Khoảng cách vật và ảnh :

$$l = d + |d'| = d - d' = -3d'$$

$$\Rightarrow \qquad d' = -\frac{l}{3} = -20 \text{ (cm)}$$

$$d = -2d' = 40 \text{ (cm)}$$

+ Tiêu cự : $f = \dfrac{d.d'}{d + d'} = \dfrac{40(-20)}{40 - 20} = -40$ (cm)



b) Sơ đồ tạo ảnh qua hệ :

$$AB \xrightarrow[d_1 \qquad d'_1]{TK} A_1B_1 \xrightarrow[d_2 \qquad d'_2]{G} A_2B_2 \xrightarrow[d_3 \qquad d'_3]{TK} A'B'$$

$$+\quad d'_1 = \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} \quad\Rightarrow\quad \frac{d'_1}{d_1} = \frac{f_1}{d_1 - f_1}$$

$$+\quad d_2 = l - d'_1 = 20 - \frac{d_1f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20d_1 - 20f_1 - d_1f_1}{d_1 - f_1}$$

$$+\quad d'_2 = \frac{d_2f_2}{d_2 - f_2} = \frac{d_2(-40)}{d_2 + 40} = -40.\frac{20d_1 - 20f_1 - d_1f_1}{60d_1 - 60f_1 - d_1f_1}$$

$$\Rightarrow\quad \frac{d'_2}{d_2} = \frac{-40}{d_2 + 40} = -40.\frac{d_1 - f_1}{60d_1 - 60f_1 - d_1f_1}$$

$$+\quad d_3 = l - d'_2 = 20 - d'_2 = \frac{2000d_1 - 2000f_1 - 60d_1f_1}{60d_1 - 60f_1 - d_1f_1}$$

$$+\quad \frac{d'_3}{d_3} = \frac{f_1}{d_3 - f_1} = \frac{f_1(60d_1 - 60f_1 - d_1f_1)}{2000d_1 - 2000f_1 - 120d_1f_1 + 60f_1^2 + d_1f_1^2}$$

Độ phóng đại :

$$K = -\frac{d'_1}{d_1} \times \frac{d'_2}{d_2} \times \frac{d'_3}{d_3} = \frac{40f_1^2}{d_1(f_1^2 - 120f_1 + 2000) - 2000f_1 + 60f_1^2}$$

Ảnh có độ cao không đổi tức K không đổi theo d_1, vậy :

$$f_1^2 - 120f_1 + 2000 = 0 \quad\Rightarrow\quad f_1 = \left|\begin{array}{l} 100\ (cm) \\ 20\ (cm) \end{array}\right.$$

ĐỀ KIỂM TRA BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC NGHIỆM (PHẦN QUANG LÍ – VẬT LÍ HẠT NHÂN)

ề 1

Trong một thí nghiệm giao thoa ánh sáng với hai khe Iâng, khoảng cách giữa hai khe là $a = S_1S_2 = 1,5mm$. Hai khe đặt cách màn ảnh $D = 2m$.

Chiếu đồng thời hai bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,48\mu m$ và $\lambda_2 = 0,64\mu m$. Khoảng cách gần nhất giữa vân sáng chính giữa O với vân sáng cùng màu với vân sáng ở O là :

a) 2,56mm **b)** 2,60mm **c)** 2,65mm **d)** 2,70mm

ề 2

Trong thí nghiệm Iâng về giao thoa ánh sáng, biết khoảng cách giữa hai khe là $a = S_1S_2 = 1,25mm$, khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn ảnh là $D = 1,5m$, nguồn S phát ra ánh sáng trắng gồm các bức xạ đơn sắc có bước sóng λ giới hạn trong khoảng từ 0,40μm đến 0,76μm.

Bước sóng của các ánh sáng đơn sắc cho vân sáng nằm tại M trên mà cách vân chính giữa một khoảng x = 1,44mm là :

a) $\lambda_1 = 0{,}65\mu m$; $\lambda_2 = 0{,}75\mu m$ **b)** $\lambda_1 = 0{,}45\mu m$; $\lambda_2 = 0{,}55\mu m$

c) $\lambda_1 = 0{,}50\mu m$; $\lambda_2 = 0{,}70\mu m$ **d)** $\lambda_1 = 0{,}40\mu m$; $\lambda_2 = 0{,}60\mu m$

Đề 3

Chiếu lên bề mặt một kim loại dùng làm Catốt của một tế bào quan điện một ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 4850\,\mathring{A}$ thì thấy có hiệ tượng quang điện. Biết công thoát electron của kim loại đó là 2.1eV v các hằng số $C = 3.10^8 m/s$; $h = 6{,}625.10^{-34}$ J.s ; $m_e = 9{,}1.10^{-31}$ Kg.

Vận tốc ban đầu cực đại của các electron thoát ra khỏi bề mặt kim lo là :

a) $V_{omax} \approx 5{,}25.10^5$ m/s **b)** $V_{omax} \approx 4{,}50.10^5$ m/s

c) $V_{omax} \approx 4{,}03.10^5$ m/s **d)** $V_{omax} \approx 1{,}02.10^6$ m/s

Đề 4

Lần lượt chiếu vào Catốt của tế bào quang điện các bức xạ điện từ c bước sóng $\lambda_1 = 0{,}4\mu m$ và $\lambda_2 = 0{,}8\mu m$ thì vận tốc ban đầu cực đại của c electron quang điện bức ra lần lượt là V_1, V_2 với $V_1 = 2V_2$.

Giới hạn quang điện λ_0 của Catốt là :

a) $\lambda_0 = 1{,}45\mu m$ **b)** $\lambda_0 = 1{,}20\mu m$

c) $\lambda_0 = 1{,}00\mu m$ **d)** $\lambda_0 = 0{,}90\mu m$

Đề 5

Chiếu vào Catốt của tế bào quang điện một bức xạ điện từ có bước són $\lambda = 1\mu m$. Giới hạn quang điện của Catốt là $\lambda_0 = 1{,}2\mu m$.

Các hằng số : $h = 6{,}6.10^{-34}$ J.s; $c = 3.10^8$ m/s; $e = -1{,}6.10^{-19}$ C

Để dòng quang điện triệt tiêu thì hiệu điện thế giữa Anốt và Catốt c tế bào quang điện là U_{AK} thỏa mãn :

a) $U_{AK} \geq 0{,}34255$ V **b)** $U_{AK} \leq -0{,}34255$ V

c) $U_{AK} \leq -0{,}20625$ V **d)** $U_{AK} \geq 1{,}24550$ V

Đề 6

Chiếu vào Catốt của tế bào quang điện chùm sáng có bước sóng $\lambda = 0{,}2\mu$ thì có hiện tượng quang điện xảy ra. Cứ mỗi giây Catốt nhận được nă lượng W = 3mJ của chùm sáng và cường độ dòng quang điện bão hòa I = 4,5μA.

Biết $h = 6{,}625.10^{-34}$ Js ; $c = 3.10^8$ m/s; $e = -1{,}6.10^{-19}$ C.

Người ta gọi hiệu suất lượng tử của tế bào quang điện là tỉ số giữa số electron bật ra khỏi Catốt và số phôtôn bị hấp thụ trong cùng một khoảng thời gian.

Hiệu suất lượng tử của tế bào quang điện trên là :

a) H ≈ 0,93%　　**b)** H ≈ 5,92%　　**c)** H ≈ 15,85%　　**d)** H ≈ 55,53%

ề 7

Các mức năng lượng của nguyên tử H_2 có dạng $E_n = -\dfrac{13{,}6}{n^2}$ (eV) trong đó $n = 1, 2, 3, \ldots$ Ta cung cấp cho nguyên tử H_2 ở trạng thái cơ bản ($n = 1$) một phôtôn có năng lượng 12,75 (eV) thì nguyên tử sẽ hấp thụ phôtôn trên và sau đó nguyên tử sẽ ở trạng thái dừng có mức năng lượng ứng với n :

a) n = 5　　**b)** n = 4　　**c)** n = 3　　**d)** n = 2

ề 8

Ta dùng prôtôn có động năng $K_p = 5{,}45$ MeV bắn phá hạt nhân ${}^{9}_{4}Be$ đứng yên. Phản ứng cho ta hạt α và hạt nhân X. Biết động năng hạt α là $K_\alpha = 4$ MeV, vận tốc của prôtôn và của hạt α vuông góc với nhau. Coi khối lượng của hạt nhân (đo bằng đơn vị u) xấp xỉ bằng số khối A của nó. Động năng của hạt nhân X là :

a) $K_X = 5{,}250$ MeV　　**b)** $K_X = 4{,}535$ MeV

c) $K_X = 3{,}575$ MeV　　**d)** $K_X = 3{,}012$ MeV

ề 9

Cho phản ứng hạt nhân : $p + {}^{7}_{3}Li \longrightarrow X + {}^{4}_{2}He + 17{,}3\ \text{MeV}$

Năng lượng tỏa ra khi 1 gam Hêli được tạo thành là :

a) $W \approx 2{,}6.10^{24}$ MeV　　**b)** $W \approx 2{,}0.10^{24}$ MeV

c) $W \approx 1{,}8.10^{24}$ MeV　　**d)** $W \approx 1{,}3.10^{24}$ MeV

(lấy $N_A = 6{,}02.10^{23}\ \text{mol}^{-1}$)

ề 10

Hạt nhân ${}^{210}_{84}Po$ phóng xạ α có chu kì bán rã T = 138 ngày. Ban đầu có 1 gam Po. Khối lượng Po còn lại là 125 mg sau thời gian t :

a) t = 400 ngày　　**b)** t = 384 ngày

c) t = 350 ngày　　**d)** t = 276 ngày

LỜI GIẢI

Đề 1 [a]

Vị trí của vân sáng cùng màu với vân sáng ở O chính là nơi có 2 v
sáng trùng nhau. Tại đó :

$$x = K_1.i_1 = K_2.i_2 = K_1.\frac{\lambda_1 D}{a} = K_2.\frac{\lambda_2 D}{a}$$

$$\Rightarrow \quad K_1.\lambda_1 = K_2.\lambda_2$$

$$K_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.K_2 = \frac{0,64}{0,48}K_2 = \frac{4}{3}K_2$$

Với K_1, K_2 là các số nguyên nên : $K_2 = 0 ; \pm 3 ; \pm 6 ; \ldots$

ứng với $K_1 = 0 ; \pm 4 ; \pm 8 ; \ldots$

Vị trí gần O nhất ứng với : $K_1 = \pm 4$

$$\text{và : } x = K_1.\frac{\lambda_1 D}{a} = \pm 4.\frac{0,48.10^{-6}.2}{1,5.10^{-3}}$$

$$= \pm 2,56.10^{-3}\ (\text{m}) = \pm 2,56\ (\text{mm})$$

Đề 2 [d]

Gọi λ là bước sóng của bức xạ cho vân sáng tại M thì:

$$x_M = K.\frac{\lambda D}{a}$$

$$\lambda = \frac{a.x_M}{K.D} = \frac{1,2.10^{-6}}{K}(\text{m}) = \frac{1,2}{K}(\mu\text{m})$$

Với : $0,40\ \mu\text{m} \le \lambda = \dfrac{1,2}{K} \le 0,76\ \mu\text{m}$

$$\frac{1,2}{0,76} \le K \le \frac{1,2}{0,40}$$

$$1,57 \le K \le 3.$$

Với $K = 2 \rightarrow \lambda = \dfrac{1,2}{2} = 0,60\ (\mu\text{m})$

$K = 3 \rightarrow \lambda = \dfrac{1,2}{3} = 0,40\ (\mu\text{m})$

Đề 3 [c]

$$h\frac{c}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mV_{0\max}^2$$

$$V_{o\max} = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}$$

$$V_{o\max} = \sqrt{\frac{2}{9{,}1.10^{-31}}\left(\frac{6{,}625.10^{-34}.3.10^{8}}{0{,}485.10^{-6}} - 2{,}1.1{,}6.10^{-19}\right)}$$

$$= \sqrt{16{,}21842.10^{12}} \approx 4{,}03.10^{5}\ (m/s)$$

Đề 4 [b]

$$h\frac{c}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2}mV_1^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2}mV_1^2 = h\frac{c}{\lambda_1} - A$$

$$h\frac{c}{\lambda_2} = A + \frac{1}{2}mV_2^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2}mV_2^2 = h\frac{c}{\lambda_2} - A$$

$$\Rightarrow \quad \frac{\dfrac{hc}{\lambda_1} - A}{\dfrac{hc}{\lambda_2} - A} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 = 4 \quad \Rightarrow \quad A = \frac{hc}{3}.\frac{4\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1\lambda_2}$$

$$\text{hay : } \quad \frac{hc}{\lambda_o} = \frac{hc}{3}.\frac{4\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1\lambda_2} \quad \Rightarrow \quad \lambda_o = \frac{3\lambda_1\lambda_2}{4\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{3.0{,}4.0{,}8}{4.0{,}4 - 0{,}8}$$

$$\lambda_o = 1{,}2\ (\mu m)$$

Đề 5 [c]

$$\text{Có : } \quad eU_h = \frac{1}{2}mV_{o\max}^2 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_o}$$

$$\Rightarrow \quad U_h = \frac{1}{e}hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_o}\right) = \frac{hc}{e}\cdot\frac{\lambda_o - \lambda}{\lambda_o.\lambda}$$

$$= \frac{6{,}6.10^{-34}.3.10^{8}}{-1{,}6.10^{-19}}\cdot\frac{1{,}2 - 1}{1{,}2.1}\cdot 10^{6} = -0{,}20625\ (V)$$

$U_{AK} \leq U_h = -0{,}20625\ (V)$.

Đề 6 [a]

Số phôtôn chiếu tới Catốt trong 1s : $n_1 = \dfrac{W}{\varepsilon} = \dfrac{W}{\dfrac{hc}{\lambda}} = \dfrac{W.\lambda}{hc}$

Số electron bức ra khỏi Catốt trong 1s : $n_2 = \dfrac{I}{e}$

Hiệu suất lượng tử :

$$H = \frac{n_2}{n_1} = \frac{I.h.c}{|e|.W.\lambda} = \frac{4,5.10^{-6}.6,625.10^{-34}.3.10^{8}}{1,6.10^{-19}.3.10^{-3}.0,2.10^{-6}}$$

$$= 93,16.10^{-4} \approx 0,93\%.$$

Đề 7 [b]

Theo tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử thì :

$$\Delta E = E_n - E_1$$

với $$E_1 = \frac{-13,6}{1^2} = -13,6\,(eV)$$

$$\Rightarrow \quad E_n = \Delta E + E_1 = 12,75 - 13,6 = -0,85\ (eV)$$

Mà : $$E_n = -\frac{13,6}{n^2}$$

$$\Rightarrow \quad n^2 = \frac{-13,6}{-0,85} = 16 \quad \Rightarrow \quad n = 4.$$

Đề 8 [c]

Phản ứng : ${}^1_1H + {}^9_4Be \longrightarrow {}^4_2\alpha + {}^6_3X$

Có : $\overrightarrow{P_p} = \overrightarrow{P_\alpha} + \overrightarrow{P_X}$

$$\overrightarrow{P_p} - \overrightarrow{P_\alpha} = \overrightarrow{P_X}$$

$$(\overrightarrow{P_p} - \overrightarrow{P_\alpha})^2 = (\overrightarrow{P_X})^2$$

Vì : $\overrightarrow{V_p} \perp \overrightarrow{V_\alpha} \quad \rightarrow \quad \overrightarrow{P_p} \perp \overrightarrow{P_\alpha}$ nên :

$$P_p^2 + P_\alpha^2 = P_X^2$$

Với : $p^2 = 2m.K$ nên :

$$2m_p K_p + 2m_\alpha K_\alpha = 2m_X K_X$$

$$\Rightarrow \quad K_X = \frac{m_p K_p + m_\alpha K_\alpha}{m_X} = \frac{1.5,45 + 4.4}{6} = 3,575\ (MeV)$$

Đề 9 [d]

Phản ứng : ${}^1_1H + {}^7_3Li \rightarrow {}^A_ZX + {}^4_2He$

$$\Rightarrow \quad A = 4 \quad \text{và} \quad Z = 2$$

Vậy : ^A_ZX chính là ^4_2He

nên : $^1_1H + ^7_3Li \rightarrow 2(^4_2He)$

Số hạt nhân hêli có trong 1g :

$$N = \frac{m}{A}.N_A$$

Cứ thu được 2 hạt nhân hêli thì năng lượng tỏa ra là 17,3 MeV, vậy năng lượng tỏa ra khi thu N hạt hêli là :

$$W = \frac{1}{2}.N.17{,}3 = \frac{1}{2}.\frac{m}{A}.N_A.17{,}3$$

$$= \frac{1}{2}.\frac{1}{4}.6{,}02.10^{23}.\ 17{,}3 \approx 1{,}3.10^{24}\ (MeV)$$

Đề 10 [b]

Theo định luật phóng xạ :

$$m = m_o.2^{-t/T} \quad \Rightarrow \quad 2^{t/T} = \frac{m_o}{m} = \frac{1}{0{,}125} = 8 = 2^3$$

$$\frac{t}{T} = 3 \quad \Rightarrow \quad t = 3T = 384\ (\text{ngày})$$

ĐỀ THI TUYỂN SINH ĐẠI HỌC – CAO ĐẲNG

NĂM 2002

Câu 4

Hỏi sau bao nhiêu lần phóng xạ α và sau bao nhiêu lần phóng xạ β cùng loại thì hạt nhân $^{232}_{90}Th$ biến đổi thành hạt nhân $^{208}_{82}Pb$.

Hãy xác định loại hạt β đó.

Giải

Phương trình chuỗi phóng xạ :

$$^{232}_{90}Th \longrightarrow x\,^4_2He + y\,\beta + ^{208}_{82}Pb$$

Với β có $A = 0$ và $Z = +1$ nếu là β^+ ;

$Z = -1$ nếu là β^-.

Định luật bảo toàn số khối cho :

$$232 = 4x + 0.y + 208 \quad \rightarrow \quad x = 6$$

Với Z = +1 thì định luật bảo toàn điện tích :

$$90 = 2.6 + y + 82 \quad \rightarrow \quad y < 0 : \text{loại}$$

Với Z = −1 thì :

$$90 = 2.6 - y + 82 \quad \rightarrow \quad y = 4.$$

Vậy : – Đó là hạt β^-

– Có 6 lần phóng xạ α và 4 lần phóng xạ β^-.

Câu 7

Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0{,}533\ \mu m$ lên tấm kim loại có công thoát $A = 3.10^{-19}J$. Dùng màn chắn tách ra một chùm hẹp các electron quang điện và cho chúng bay vào từ trường theo hướng vuông góc với các đường cảm ứng từ. Biết bán kính cực đại của quĩ đạo của các electron là R = 22,75 mm. Tìm độ lớn cảm ứng từ B của từ trường.

Cho vận tốc ánh sáng trong chân không là $C = 3.10^8$ m/s,

$h = 6{,}625.10^{-34}$ Js ; $|e| = 1{,}6.10^{-19}$ C ; $m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg.

Bỏ qua tương tác giữa các electron.

Giải

Phương trình Anhxtanh cho :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m_e V_{o\,max}^2$$

$$\Rightarrow \quad V_{o\,max} = \sqrt{\frac{2}{m_e}\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{9{,}1.10^{-31}}\left(\frac{6{,}625.10^{-34}.3.10^8}{0{,}533.10^{-6}} - 3.10^{-19}\right)} = 4.10^5\ (m/s)$$

Khi electron bay trong từ trường đều theo phương vuông góc với từ trường thì nó chịu lực Lorenxơ và làm cho hạt chuyển động tròn đều với lực Lorenxơ là lực hướng tâm :

$$B|e|V = m_e.\frac{V^2}{r} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{m_e.V}{|e|B}$$

Với $V = V_{omax}$ thì $r = r_{max}$:

$$r_{max} = \frac{m_e.V_{o\,max}}{|e|B}$$

$$\Rightarrow \quad B = \frac{m_e.V_{o\,max}}{|e|r_{max}} = \frac{9{,}1.10^{-31}.4.10^5}{1{,}6.10^{-19}.22{,}75.10^{-3}} = 10^{-4}\ (\text{Tesla}).$$

Câu 10

1. So sánh sự phóng xạ và sự phân hạch.

2. Tìm năng lượng tỏa ra khi một hạt nhân U_{234} phóng xạ α tạo thành đồng vị thôri Th_{230}.

   Cho các năng lượng liên kết riêng của hạt α là 7,10MeV; của U_{234} là 7,63 MeV ; của Th_{230} là 7,70 MeV.

Giải

1. So sánh sự phóng xạ và sự phân hạch :

   Có 2 điểm giống nhau quan trọng :

   + Đều là phản ứng hạt nhân.
   + Đều là phản ứng tỏa năng lượng.

   Có các điểm khác nhau là :

   + Phóng xạ xảy ra không cần điều kiện bên ngoài, còn phân hạch xảy ra khi hạt nhân nặng hấp thụ được hạt nơtrôn.
   + Phóng xạ không xảy ra dây chuyền còn phân hạch có thể xảy ra dây chuyền.
   + Các hạt tạo ra trong mỗi phóng xạ là xác định, còn sản phẩm của những phân hạch khác nhau của cùng một đồng vị có thể khác nhau và không xác định.

2. Có : $^{234}_{92}U \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{230}_{90}Th$

   Năng lượng tỏa ra :

$$\Delta E = (m_U - m_\alpha - m_{Th})C^2$$

mà : $\Delta m_U = 92m_p + 142m_n - m_U$

→ $m_U = 92m_p + 142m_n - \Delta m_U$

Tương tự : $m_\alpha = 2m_p + 2m_n - \Delta m_\alpha$

$m_{Th} = 90m_p + 140m_n - \Delta m_{Th}$

Vậy : $\Delta E = (-\Delta m_U + \Delta m_\alpha + \Delta m_{Th})C^2$

$= -\Delta m_U.C^2 + \Delta m_\alpha.C^2 + \Delta m_{Th}.C^2$

$= -234.7,63 + 4.7.1 + 230.7.7 = 13,98$ (MeV).

MỤC LỤC

PHẦN MỘT : **QUANG HÌNH HỌC**

Chương I : **SỰ PHẢN XẠ ÁNH SÁNG – GƯƠNG PHẲNG – GƯƠNG CẦU**

+ Tóm tắt lí thuyết 3
+ Bài tập cơ bản 4
+ Đề thi 20

Chương II : **ĐỊNH LUẬT KHÚC XẠ – LƯỠNG CHẤT PHẲNG – BẢN MẶT SONG SONG**

+ Tóm tắt lí thuyết 40
+ Bài tập cơ bản 43
+ Đề thi 53

Chương III : **THẤU KÍNH**

+ Tóm tắt lí thuyết 65
+ Bài tập cơ bản 66
+ Đề thi 81

Chương IV : **HỆ NHIỀU THẤU KÍNH GHÉP CÙNG TRỤC CHÍNH**

+ Tóm tắt lí thuyết 94
+ Bài tập cơ bản 95
+ Đề thi 101

Chương V : **HỆ THẤU KÍNH VÀ GƯƠNG**

+ Tóm tắt lí thuyết 120
+ Bài tập cơ bản 121
+ Đề thi 126

Chương VI : **CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC**

■ MÁY ẢNH

+ Tóm tắt lí thuyết 145
+ Bài tập cơ bản 145
+ Đề thi 149

■ MẮT

+ Tóm tắt lí thuyết 150
+ Bài tập cơ bản 151
+ Đề thi 154

- KÍNH LÚP
  + Tóm tắt lí thuyết 160
  + Bài tập cơ bản 160
  + Đề thi 164
- KÍNH HIỂN VI
  + Tóm tắt lí thuyết 172
  + Bài tập cơ bản 173
  + Đề thi 177
- KÍNH THIÊN VĂN
  + Tóm tắt lí thuyết 185
  + Bài tập cơ bản 186
  + Đề thi 187

PHẦN HAI : **QUANG VẬT LÍ**

Chương VII : **TÍNH CHẤT SÓNG ÁNH SÁNG**

- HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG
  + Tóm tắt lí thuyết 189
  + Bài tập cơ bản 190
  + Đề thi 202
- TIA RƠNGHEN
  + Tóm tắt lí thuyết 215
  + Bài tập cơ bản 215
  + Đề thi 219

Chương VIII : **LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG**

- HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN
  + Tóm tắt lí thuyết 221
  + Bài tập cơ bản 222
  + Đề thi 228
- MẪU NGUYÊN TỬ BOHR VÀ QUANG PHỔ NGUYÊN TỬ HIDRÔ
  + Tóm tắt lí thuyết 241
  + Bài tập cơ bản 242
  + Đề thi 245

PHẦN BA : VẬT LÍ HẠT NHÂN

Chương IX : HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

+ Tóm tắt lí thuyết 248

■ HIỆN TƯỢNG PHÓNG XẠ

+ Tóm tắt lí thuyết 250
+ Bài tập cơ bản 250
+ Đề thi 252

■ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN – PHẢN ỨNG THU VÀ TỎA NĂNG LƯỢNG

+ Tóm tắt lí thuyết 255
+ Bài tập cơ bản 255
+ Đề thi 257

■ ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐỘNG LƯỢNG VÀ NĂNG LƯỢNG TRONG PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

+ Tóm tắt lí thuyết 265
+ Bài tập cơ bản 266
+ Đề thi 268

***PHỤ LỤC :* CÁC BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM** 282

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
16 Hàng Chuối – Hai Bà Trưng – Hà Nội
Điện thoại: (04) 9718312; (04) 7547936; Fax: (04) 9714899
E-mail: nxb@vnu.edu.vn

* * *

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc:	**PHÙNG QUỐC BẢO**
Tổng biên tập:	**PHẠM THÀNH HƯNG**

Biên tập:	**MINH TƯỜNG**
Trình bày bìa:	**HUY VŨ**

ÔN THI ĐẠI HỌC MÔN VẬT LÍ

Mã số: 1L –32 ĐH 2006
In 2.000 cuốn, khổ 16 × 24cm tại Xưởng in Công ty phát triển CN truyền hình TP.HCM. Số xuất bản: 85 – 2006/CXB/44 – 01/ĐHQGHN, ngày 24/01/2006.
Quyết định xuất bản số: 92LK/XB.
In xong và nộp lưu chiểu quý II năm 2006